UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

ASSOCIAÇÃO DE ADJUVANTES À INSETICIDA BIOLÓGICO OU QUÍMICO E PARÂMETROS DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO PARA CONTROLE DE *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae)

Maria Thalia Lacerda Siqueira

Orientador: Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

ASSOCIAÇÃO DE ADJUVANTES À INSETICIDA BIOLÓGICO OU QUÍMICO E PARÂMETROS DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO PARA CONTROLE DE *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae)

Maria Thalia Lacerda Siqueira

Orientador: Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

2023

S618a

Siqueira, Maria Thalia Lacerda

Associação de adjuvantes à inseticida biológico ou químico e parâmetros da tecnologia de aplicação para controle de DIAPHORINA CITRI KUWAYAMA (Hemiptera: Psyllidae) / Maria Thalia Lacerda Siqueira. -- Jaboticabal, 2023

87 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Marcelo da Costa Ferreira

1. Tecnologia de aplicação. 2. adjuvantes. 3. psilídeo dos citros. 4. inseticida. 5. inseticida microbiológico. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ASSOCIAÇÃO DE INSETICIDA BIOLÓGICO OU QUÍMICO COM ADJUVANTES INTERFERE NOS PARÂMETROS DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO E NO CONTROLE DE *Diaphorina citri*?

AUTORA: MARIA THALIA LACERDA SIQUEIRA

ORIENTADOR: MARCELO DA COSTA FERREIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia (Produção Vegetal), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCELO DA COSTA FERREIRA (Participaçao Presencial)
Departamento de Ciencias da Producao Agricola / FCAV UNESP Jaboticabal

Pesquisador Dr. HAROLDO XAVIER LINHARES VOLPE (Participaçao Presencial)
FUNDECITRUS / Araraquara/SP

Profa. Dra. NILZA MARIA MARTINELLI (Participaçao Presencial)
Departamento de Ciencias da Producao Agricola / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 27 de fevereiro de 2023

IMPACTO ESPERADO NA SOCIEDADE

Os resultados do estudo permitem que os produtos fitossanitários sejam utilizados de forma correta para o controle do psilídeo, com objetivo de obter eficiência no controle da praga utilizando de tecnologias de aplicações corretas. O uso dos adjuvantes, podem ser ferramentas que irão proporcionar maior eficiência dos produtos, principalmente ao agente biológico, visando a dimunuiçao da aplicação dos produtos químicos, garantindo mais segurança ao aplicador e ao consumidor, favorecendo os setores sociais, econômicos e ambientais.

EXPECTED IMPACT ON SOCIETY

The results of the study allow the phytosanitary products to be used correctly for the control of the psyllid, with the objective of obtaining efficiency in the control of the pest using correct application technologies. The use of adjuvants can be tools that will provide greater efficiency of the products, mainly the biological agent, aiming at reducing the application of chemical products, guaranteeing more safety for the applicator and the consumer, favoring the social, sanitary and environmental sectors.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

MARIA THALIA LACERDA SIQUEIRA – Nasceu em 8 de maio de 1997 em Capitão-Poço, Pará (PA), Brasil. Filha de Erica do Socorro Lacerda Siqueira. No ano de 2016 ingressou no Curso de Engenharia Agronômica na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Câmpus de Capitão-Poço – PA. Durante a graduação participou como voluntária pelo Programa de Iniciação Científica (PIVIC-UFRA) com o projeto: “Distribuição do sistema radicular em diferentes estágios fenológicos da cultura girassol, cultivar Embrapa 122, no Município de Capitão-Poço” (2018-2019). Logo após, foi bolsista de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), no projeto de melhoramento genético de porta-enxertos em citros, realizando análises morfo-agronômica, produção e fertilidade do solo (2019-2021). Em 2021 obteve o título de Engenheira Agrônoma e em março do mesmo iniciou o curso de Mestrado Acadêmico no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Campus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira, sendo membro do grupo Núcleo de Estudos e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação (NEDTA), localizado no Departamento de Ciências da Produção Agrícola, desta instituição.

"Aprenda com o ontem. Viva o hoje. Tenha esperança para o amanhã..."

ALBERT EINSTEIN

Aos meus três pilares, minha mãe Erica do Socorro, avó Maria de Jesus e meu tio Robson Siqueira, por sempre terem me apoiado e incentivado em meus sonhos. Por nunca duvidarem da minha capacidade e por todo amor, carinho e compreensão que me proporcionam. Vocês são a minha base!

DEDICO

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço primeiramente à Deus pelo dom da vida e por me conceder forças para que eu percorresse toda essa caminha e por fim pudesse concluí-la, tornando meus sonhos em objetivos alcançáveis.

À minha amada família, principalmente aos meus três pilares: minha avó Maria de Jesus, minha mãe Erica Siqueira e meu tio Robson Siqueira que acreditaram e vibraram por esse dia, e todo apoio e carinho da minha irmã Sarah Siqueira e ao meu padrasto Giovani da Costa e todo incentivo e amor dado. Ao meu tio Cristiano e às minhas tias que sempre acreditaram no meu potencial, Betânia Farias, Jaqueline Siqueira e Fatima Araújo, juntamente aos meus primos (as) Geovanna Farias, Geovanne Farias e Ester Siqueira.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira pela orientação incansável e a confiança que tornaram possível a conclusão desse trabalho, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso e por ter me concedido a oportunidade de fazer parte da equipe do Núcleo de Estudos e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação (NEDTA).

Agradeço ao Prof. Dr. Daniel Junior de Andrade e o Grupo de Estratégia e Manejo de Ácaros Neotropicais (GEMAN) por auxiliar no decorrer da minha pesquisa.

Ao grupo de pesquisa NEDTA, o qual tenho orgulho e sou feliz de fazer parte, representado pelos membros: Aline Dell Passo Reis, Pedro Henrique Urach Ferreira, Deucymara Bomfim, Edimar Pertelini, Rafael Alexandre Jiacometi Cardoso e Fabio Lima Peron pela disponibilidade, ajuda na realização deste trabalho e contribuição no meu crescimento profissional e pessoa. Em espacial a Gabriela Pelegrini, Ana Beatriz Dilena Spadoni, Hilário Camarena de la Cruz por todo companheirismo e inventivo, vocês tornaram essa caminhada mais leve e prazerosa.

Aos meus colegas de pós-graduação Antônia Erica Santos de Souza, Júlia Karoline Rodrigues Das Mercês, Milton Garcia Costa, Amanda Guimaraes Jonas, Jamile, Karina, Nagilla e Inácio por sempre estarem dispostos a me ajudar e dividirem momentos alegres.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP/FCAV), Campus de Jaboticabal por ter me proporcionado tanto conhecimento e evolução profissional e pessoal por tanto tempo, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), coordenado pelo Dr. Glauco de Souza Rolim pelo ótimo trabalho realizado juntamente com os demais professores do programa.

Ao Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) de Araraquara-SP, por nos ter fornecido psilídeos (Diaphorina citri) para realização do trabalho

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO ..... **iii**

ABSTRACT ..... **iv**

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais **1**

1. INTRODUÇÃO **1**

2. REVISÃO DE LITERATURA **2**

2.1. Origem e dispersão dos citros 2

2.2. Aspectos socioeconômico da Citricultura Brasileira 3

2.2 Os desafios do cultivo de citros 4

2.3. Principal praga dos citros: *Diaphorina citri* 5

2.4. Manejo do psilídeo dos citros 8

2.5. Importância da tecnologia de aplicação no controle *D. citri* 10

2.6. Adjuvantes nas caldas fitossanitárias 12

5. REFERÊNCIAS **13**

CAPÍTULO 2 – INTERFERÊNCIA DE ADJUVANTES EM CARACTERÍSTICAS DE CALDAS COM INSETICIDAS QUÍMICOS E BIOLÓGICO **22**

RESUMO **22**

ABSTRACT **23**

1. INTRODUÇÃO **24**

2. MATERIAL E MÉTODOS **25**

2.1. Caracterização dos tratamentos 25

2.2. Caracterização das caldas fitossanitárias 26

2.2.1. Tensão superficial e ângulo de contato 26

2.2.2. Tamanho de gotas 27

2.2.3. Estabilidade físico-químico da calda 28

2.2.4. Análise de viscosidade..... 29

2.3. Análise estatística 29

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 30

4. CONCLUSÃO..... 40

5. REFERÊNCIAS..... 42

CAPÍTULO 3 – ADJUVANTES NA CALDA DE INSETICIDAS QUÍMICOS OU BIOLÓGICO INTERFERE NO CONTROLE DE *Diaphorina citri*? 46

RESUMO..... 46

ABSTRACT..... 47

1. INTRODUÇÃO 48

2. MATERIAL E MÉTODOS..... 49

2.1. Experimento em torre de Potter 49

2.2. Aplicação sobre mudas de laranjeira em casa vegetação 50

2.2.1. Avaliação da taxa de sobrevivência dos psilídeos..... 52

2.2.2. Avaliação da cobertura das mudas pela pulverização..... 53

2.2.3. Avaliação do depósito de calda 54

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 55

4. CONCLUSÃO..... 65

5. REFERÊNCIAS 65

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 71

ASSOCIAÇÃO DE ADJUVANTES À INSETICIDA BIOLÓGICO OU QUÍMICO E PARÂMETROS DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO PARA CONTROLE DE *Diaphorina citri*

RESUMO – Com o aumento das aplicações no controle do inseto *Diaphorina citri* vetor das bactérias associadas ao HLB, essas aplicações sem o conhecimento técnico da tecnologia de aplicação, podem gerar sérios efeitos negativos no ambiente, além da ineficiência no controle e perda econômica. A fim de manter a eficiência dos produtos e a viabilidade econômica da cultura. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a interação entre inseticida biológico e químico associado ou não adjuvantes no controle do inseto *D. citri.* Experimentos foram conduzidos no Laboratório de Núcleo de Estudo e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação da UNESP, Câmpus de Jaboticabal. Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente ao acaso com um fatorial de 3x3+1 sendo: fator A - inseticidas e fator B - adjuvantes, com um tratamento adicional (testemunha), em quatro repetições. Foram avaliados: estabilidade físico-química das caldas, viscosidade, tensão superficial, ângulo de contato, cobertura, depósito de calda sobre folhas, espectro da gota, mortalidade dos psilídeos, compatibilidade entre os produtos, pH e condutividade elétrica. Os dados foram submetidos à uma análise de variância, pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste tukey ($p \leq 0,05$). Os resultados demostram incompatibilidade nos horários de seis e 24 horas, a adjuvante lecitina reduziu o pH para todos inseticidas consequente aumentando condutividade elétrica. O óleo mineral reduziu os valores de ângulo e tensão superficial. A partir das aplicações das caldas sobre o inseto, praticamente não houve sobrevivência dos insetos, porém quando aplicadas em campo o inseticida biológico resultou em sobrevivência alta. O inseticida malationa com todas as caldas proporcionou cobertura adaxial maior que 30%. Para os ramos e parte abaxial das folhas, não houve diferença, com porcentagem menor que 5% para parte abaxial. No entanto, a combinação dos dois inseticidas químico e biológico associados aos adjuvantes interferiram em alguns parâmetros da tecnologia de aplicação.

Palavras-chaves: eficiência na pulverização, psilídeo, surfactante

ASSOCIATION OF BIOLOGICAL OR CHEMICAL INSECTICIDE WITH ADJUVANTS INTERFERES WITH THE PARAMETERS OF APPLICATION TECHNOLOGY AND THE CONTROL OF *Diaphorin citri*

ABSTRACT – With the increase in applications to control the insect Diaphorina citri, vector of bacteria associated with HLB, these applications without technical knowledge of the application technology can generate serious negative effects on the environment, in addition to inefficiency in control and economic loss. In order to maintain the efficiency of the products and the economic viability of the crop. In this context, the objective of this work was to evaluate the interaction between biological and chemical insecticide associated or not with adjuvants in the control of the insect D. citri. Experiments were conducted at the Laboratory of the Study and Development Nucleus in Application Technology at UNESP, Jaboticabal Campus. The experiments were carried out in a completely randomized design with a factorial of 3x3+1: factor A - insecticides and factor B - adjuvants, with an additional treatment (control), in four replications. The following were evaluated: physical-chemical stability of the syrup, viscosity, surface tension, contact angle, coverage, spray deposit on leaves, droplet spectrum, psyllid mortality, compatibility between products, pH and electrical conductivity. The data were submitted to an analysis of variance, using the F test, and the averages compared using the Tukey test ($p \leq 0.05$). The results demonstrate incompatibility at the times of six and 24 hours, the adjuvant lecithin reduced the pH for all insecticides, consequently increasing electrical conductivity. Mineral oil reduced angle and surface tension values. From the applications of the syrup on the insect, there was practically no survival of the insects, however when applied in the field the biological insecticide resulted in high survival. The insecticide malathion with all sprays provided adaxial coverage greater than 30%. For the branches and abaxial part of the leaves, there was no difference, with a percentage lower than 5% for the abaxial part. However, the combination of both chemical and biological insecticides associated with adjuvants interfered with some parameters of the application technology.

Keywords: spray efficiency, psyllid, spray efficiency, surfactant

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1. INTRODUÇÃO

A citricultura tem uma grande importância econômica em todo o mundo. Essas frutíferas fazem parte do agronegócio brasileiro, que é um dos maiores produtores mundiais e o maior exportador de suco de laranja (USDA, 2021).

Apesar da produção alta, a citricultura brasileira tem-se apresentado vulnerável à vários problemas fitossanitários, que acabam reduzindo a produtividade e a longevidade dos pomares.

Dentre as doenças, a que mais ameaça a cultura é o HLB - Huanglongbing (Bastianel et al., 2010; Bassanezi et al., 2013). Essa doença é causada por um grupo de bactérias gram-negativas limitadas ao floema (*Candidatus* Liberibacter spp., Garnier; Danel; Bové, 1984). Algumas formas de reduzir a incidência dessa doença são o plantio certificado de mudas sadias em ambiente protegido; inspeção e erradicação das árvores sintomáticas à campo; e, principalmente, o controle do seu vetor o psilídeo asiático dos citros *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), (Bové, 2006; Belasque Jr et al., 2010).

No entanto, o controle químico é método mais utilizado pelos produtores, principalmente de forma intensiva e com um número alto de aplicações ao ano (Miranda; Noronha; Marques, 2011). Por esse motivo, o uso inadequado desses produtos pode gerar efeitos negativos, principalmente quando não há o emprego de tecnologia de aplicação adequada para as pulverizações, podendo causar contaminação ambiental e humana e consequente perda da economia e eficiência no controle.

Então, o conhecimento adequado sobre a aplicação, pode contribuir em uma melhor cobertura sobre as folhas e consequente melhor depósito do produto, refletindo na eficácia de controle e na redução de perdas e riscos de contaminação ambiental (Cunha, 2008; Rodrigues et al., 2010; Van Zyl et al., 2013), podendo diminuir volumes e custos das aplicações.

De forma geral, são utilizados aditivos às calcas, visando contribuir na melhor distribuição das gotas e, consequentemente, incrementando o controle.

O uso de adjuvantes pode alterar as propriedades físico-química da solução como: compatibilidade entre produtos, redução de derivas, maior cobertura e molhamento nos alvos, melhor espalhamento sobre as folhas e maior velocidade de absorção (Nascimento et al, 2022), afetando a ação do produto no alvo.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi analisar a interação entre inseticidas biológico e químico associados ou não adjuvantes quanto às características físicas e química, compatibilidade das misturas e o efeito biológico sobre o inseto *D. citri*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Origem e dispersão dos citros

Os citros pertencem à família da Rutaceae referente ao grupo de plantas das angiospermas, em que contém aproximadamente 150 gêneros e 2000 espécies com predominância nas regiões tropicais de ambos os hemisférios. No Brasil apresenta 33 gêneros com aproximadamente 200 espécies (Souza e Lorenzi, 2012), dentre as mais importantes estão, *Poncirus, Fortunella, Eremocitrus*, *Citrus* e seus híbridos que se destacam pela sua importância econômica e social (Wu et al., 2018).

Os principais representantes do gênero citros são (*Citrus sinensis Osbeck*), tangerinas (*Citrus reticulata* Blanco e *Citrus deliciosa* Ten.), limões [*Citrus limon* (L.) Osbeck], limas doces (*Citrus limettioides* Tanaka), ácidas [*Citrus latifólia* (Yu. Tanaka) Tanaka e *Citrus aurantiifolia* (Christm.) Swingle], pomelos (*Citrus paradisi Macfad*.), cidra (*Citrus medica L*.), laranjas azedas (*Citrus aurantium L*.) e toranjas (*Citrus grandis* Osbeck) (Golein, 2012).

Registros mostram que o principal centro de origem dos citros é o nordeste da Índia, Mianmar e sul da China, em regiões subtropicais e tropicais do sul e sudeste da Ásia, incluindo áreas da Austrália e da África (Ollitrault et al., 2020). A dispersão da cultura ocorreu por meio do comércio entre esses

continentes, sendo levadas para norte da África. Além da expansão pelo comércio, as guerras também ajudaram na expansão do cultivo dos citros (Mattos Junior et al., 2005; Neves et al., 2010).

Os citros chegaram à Europa no período medieval, no qual a laranja foi levada pelos árabes na época das cruzadas (Neves et al., 2010). No Brasil sua expansão se deu em 1500 quando Cristóvão Colombo iniciou as expedições pelo mundo no qual mudas das frutas cítricas foram trazidas para o continente americano e introduzidas no Brasil logo no início da colonização. O país apresentava condições para vegetar e produzir melhores do que nas próprias regiões de origem, expandindo-se por todo o território brasileiro (Neves et al., 2010).

Com a expansão, a cultura passou ser produzida em vários Estados do Brasil. Em 1920 foi criado um núcleo citrícola com intuito de movimentar esse mercado, objetivando a exportação para outros países como a Argentina, a Inglaterra e outros países europeus posteriormente. Na década de 1940 a cultura tomou o interior paulista, na região de Limeira, chegando a Araraquara em 1950 e em Bebedouro ao final da mesma década (Boteon e Neves, 2005).

A partir de 1960 o Brasil tornou-se um forte produtor dessa cultura, mais precisamente no estado de São Paulo, incentivados por baixa de oferta resultante das geadas ocorridas na Flórida que alavancaram a falta de matéria-prima nos E.U.A., sendo uma grande oportunidade para o Brasil crescer como produtor. Assim na década de 1980 o Brasil passa a ser o maior produtor de suco de laranja do mundo, então com grande enfoque da produção de laranja no país, destinada à exportação do suco (Boteon e Neves, 2005).

2.2. Aspectos socioeconômicos da citricultura brasileira

A citricultura é amplamente cultivada em todo o mundo, sendo importante economicamente na geração de renda e empregos diretos e indiretos. Dentre os maiores produtores, o Brasil encontra-se em primeiro lugar, em seguida a China, Estados Unidos, México e países Europeus. Há expectativas de que as exportações do Brasil permaneçam inalteradas, e há potencial de aumentar

ligeiramente as exportações globais (USDA/FAS Foreign Agricultural Services, 2022).

No Brasil, praticamente todos os estados produzem citros, com maior área no estado de São Paulo, em que nela ocupa primeira posição no ranking de produção nacional com 77%, seguido de Minas Gerais (6%), Paraná (5%) Bahia (4%) e Rio Grande do Sul (2%). Atualmente o Brasil abrange uma área plantada de 592,2 mil hectares, com uma produção de mais 16 milhões de toneladas com rendimentos de 28.516 kg/ha (IBGE, 2022). O estado São Paulo abrange uma área plantada 360 mil hectares com uma produção alcançada na safra de 2021/2022 de mais de 12 milhões de toneladas (IBGE, 2022).

2.2 Os desafios do cultivo de citros

A citricultura tem um ótimo desempenho em inúmeras regiões do país, porém alguns fatores podem limitar de forma significativa a sua produção, com grandes perdas devido à fatores que incluem clima, fertilidade e fitossanidade. No entanto, essa cultura vem sofrendo por longo período uma série de ameaças e desafios fitossanitários.

Diante desses fatores que podem limitar a produção da cultura, estão as doenças bacterianas, fúngicas e virais (Febres et al*.,* 2011; Upadhyay, 2018). Nesse cenário fitossanitário, as principais doenças que desestabilizaram o setor citrícola, são a tristeza dos citros (1937), o cancro cítrico (1957), pinta preta do citros (1980), a clorose variegada do citros ou amarelinho (1987), a morte súbita do citrus (a partir de 2001), e o huanglongbing (HLB), ex-greening em 2004 (Borges e Costa, 2005).

Em vista disso, os citricultores encaram os desafios visando manter a produtividade, tendo que investir valores altos na prevenção e controle de patógenos, com a contratação de mão-de-obra especializada, uso de produtos químicos e com erradicações obrigatórias, fazendo com que o custo de produção aumente significativamente, com impacto direto na rentabilidade (Yamamoto et al., 2015).

Contudo, uma das doenças bacterianas mais destrutivas, considerada a principal ameaça à citricultura mundial, é o huanglongbing (HLB), também conhecida como greening. Essa doença foi registrada primeiramente na China em 1919. O motivo pelo qual é considerada a doença mais destrutiva da citricultura é pelo fato das espécies e variedades comerciais serem todas susceptíveis a ela (Bové, 2006). No Brasil o seu primeiro relato foi em 2004, no estado de São Paulo, onde a atividade citrícola é mais forte (Coletta-Filho et al., 2004). A doença se disseminou pelo país, chegando em Minas Gerais em 2005 (Castro et al*.,* 2010) e no Paraná em 2006 (Nunes et al., 2010). Registros mais recentes mostram que HLB chega em países vizinhos como na Argentina em 2012 e no Paraguai em 2013 (Outi et al., 2014; Cosave, 2015).

O greening é causado pelo grupo Candidatus Liberibacter sendo bactérias do tipo gram-negativa, que possui três espécies *'Ca. Liberibacter africanus'*, 'Ca. Liberibacter americanus' e 'Ca. Liberibacter asiaticus', as duas últimas, presentes no Brasil (Teixeira et al*.*, 2005; Belasque Junior et al*.,* 2009).

Essa doença causa prejuízos à citricultura em razão da inexistência de métodos de controle curativo para o HLB (Bové, 2006). Por isso, os métodos para prevenção da doença têm sido baseados no monitoramento e controle químico do inseto vetor, um psilídeo que transmite a bactéria ao floema das plantas, para reduzir as chances de transmissão do patógeno. Por isso, esse vetor se tornou uma das pragas mais importante dos citros (Hall et al., 2013; Erpen et al., 2018). Além disso, outros métodos de prevenção também são adotados como uso de mudas sadias em viveiro certificado, inspeção e pomares, erradicação de plantas sintomáticas para redução de fontes de inóculo e o principal deles é o método de prevenção e monitoramento no controle químico do psilídeo, para reduzir as chances de transmissão do patógeno (Fundecitrus, 2018).

2.3. Principal praga dos citros: *Diaphorina citri*

O *Diaphorina citri* é conhecido popurlamnete como psilídeo, que pertence à superfamília Psylloidea, família Psyllidae, que abrange mais de 1500 espécies.

Na década de 1940, Ângelo Costa Lima foi quem registrou pela primeira vez o inseto no Brasil, mais precisamente estado do Rio de Janeiro. Em São Paulo, Gallo (ESALQ – USP) registrou em 1960 (Aubert, 1987; Gravena, 2005). Embora relatado há mais de seis décadas no país, até 2004 o psilídeo dos citros era considerado uma praga secundária, visto que os seus danos diretos eram proporcionados por pela penetração do estilete e sucção de seiva, que acabava engruvinhando brotos e impedindo o crescimento normal das plantas. Porém, esses danos não causam muitos prejuízos ao ponto de se requerer controle específico desse alvo (Gallo et al., 2002).

Esse inseto é de cerca de 2 a 3 mm de comprimento, possui uma coloração marrom clara quando jovem e manchado de escuro nas asas quando adulto e possui pernas posteriores saltatórias (Gallo et al., 2002).

A fêmea pode colocar os ovos agrupados entre as folhas novas das plantas. Os ovos possuem coloração amarelada com formato alongado e podem medir cerca de 0,3 mm de comprimento, uma fêmea em média deposita de 200 a 400 ovos. A duração dessa fase é de 3 a 6 dias e estes apresentaram 88% de viabilidade (Gallo et al., 2002; Nava et al., 2007; Parra et al., 2010). A fase ninfa, possui cinco estádios de desenvolvimento, são achatadas e pouco convexas e apresentam pernas curtas, essa fase apresenta uma duração em torno de 13,5 a 14,0 dias (Gallo et al., 2002**;** Nava et al., 2007). Na fase adulta os insetos são alados e bastante ativos, ele podem voar de ramo em ramo ou de planta em planta, podendo sobreviver entre 15 e 47 dias. As fêmeas ovipositam preferencialmente em tecido de folhas recém-formadas com 1 a 5 dias após brotação (Yamamoto, 2008; Grafton-Cardwell et al., 2013).

Alguns fatores abióticos podem influenciar na reprodução desse inseto, a temperatura e a precipitação apresentam uma correlação positiva ao crescimento populacional de *D. citri*, em que elevadas temperaturas podem fazer com que duração do ciclo do psilídeo varie em média 80 a 90 dias. Em temperaturas amenas este período pode se estender para até 270 dias. Por isso, o ciclo pode ter uma duração de meses (Yang et al., 2006; Beloti et al., 2013). O ciclo de ovo a adulto é mais curto quando a temperatura aumenta, mais especificamente em temperaturas maiores que 32° C, e fêmeas são mais longevas que os machos, apresentando ciclo de 39,7 a 43,7 dias em diferentes plantas cítricas **(**Nava et al.,2007, Tsai e Lui, 2000**).**

O aumento populacional do psilídeo ocorre no período de brotações nos pomares, frequente no final da primavera, e se estende pelo verão, momento que se têm temperaturas e umidade relativa elevadas. No período do inverno com a seca e frio a população de psilídeo se reduz, em relação ao período mais chuvoso, de primavera e verão (Yamamoto et al., 2001; Costa et al., 2006).

Sobre o hábito desses insetos de se alimentarem, eles apresentam uma certa preferência pelos ramos mais novos da planta, quando esses insetos se alimentam eles ficam em uma posição característica inclinados a 45°, podendo se alimentar de folhas novas e tenras como em folhas maduras, preferindo brotações jovens, onde se desenvolvem de ovo até a fase adulta (Paiva, 2009; Parra et al., 2010).

O psilídeo contrai o agente causal do HLB no processo de alimentação na planta, de fontes infectadas, sendo que o período mínimo para adquirir a doença varia entre 15 a 30 min para *D. citri* e 24 h para *Trioza erytreae* (Lopes, 2006). A eficiência na aquisição do agente está relacionada com o aumento do período de alimentação, com isso essa bactéria uma vez adquirida após passar um período de duas a três semanas de incubação, a transmissão pode acontecer por toda a vida do inseto (Halbert e Manjunath, 2004). Além disso, o psilídeo pode adquirir a bactéria HLB a partir do terceiro instar de ninfa e transmitir apenas na fase adulta dela (Halbert e Manjunath, 2004).

Além dessa preferência alimentar em ramos mais novos, estudos em laboratório mostram que observações preliminares de plantas sintomáticas atraem mais os adultos *D. citri* do que aquelas plantas assintomáticas ou até mesmo sadias, tal fato pode ser explicado por essas plantas doentes emitirem voláteis atraentes (Noronha Junior, 2010; Miranda et al., 2011). Contudo outros estudos preliminares em campo visualizaram que existem outros fatores que podem influenciar na atração desses insetos, em que mostra que plantas sintomáticas e assintomáticas, acabam alterando o padrão vegetativo, com emissões de fluxos vegetativos amarelados e fora de época, alteração no padrão do amadurecimento de frutos nesses ramos afetados. Assim, tais fatores pode ser mais um componente atrativo para esses insetos, por isso a importância de erradicar rapidamente as plantas afetada pelo HLB.

Além das inúmeras variedades de citros, o psilídeo também se hospeda em outras espécies, umas das principais é a murta (*Murraya paniculata*), onde

também consegue se reproduzir, até o momento apenas essas duas espécies são hospedeira do HLB. Nestas plantas, principalmente da família Rutaceae, tais como mamiqueira fedorenta (*Zanthoxylum rugosum*) e canela-de-veado (*Helietta apiculata*), o psilídeo consegue sobreviver por até 3 semanas, mas não consegue se reproduzir (Halbert e Manjunath, 2004). Outra forma de transmissão do HLB, além da realizada por psilídeos, é por meio de enxertia com material contaminado (Bové, 2006).

2.4. Manejo do psilídeo dos citros

Antes mesmo de adotar qualquer medida de controle inseto, inseto vetor, algumas estratégias devem ser tomadas como fomra de prevenção no sentido de evitar a entrada da praga em uma determinada área. Na busca de evitar a contaminação dessa doenças nos pomares seria o planejamento e escolha do local de plantio, longe de regiões com al incidência, plantia de mudas sadias e certificasas, acelerar o crssciemntoe produtividade dos pomares devido a contaminação pelo greening ser mais suscetível nos 4 primeros anos após plantio, manejo intensificado da borda, inspeção de plantas, erradicação de plantas com inoculos, monitormanto e controle do psilídeo em conjunto com manejo reginal e alerta fitossanitária (Fundecitrus, 2018)

A forma mais usual do controle do psilídeo é por meio de aplicações de inseticidas químicos, nesse método devem ser tomadas as devidas atenções, pois o momento correto para controle tem base critérios, como: calendário de aplicação, monitoramento da praga com uso de armadilhas adesivas e/ou a observação de ovos, quando há 6 ninfas ou adultos em ramos nas plantas; pulverizações realizadas aleatoriamente de forma isolada e/ou associadas a pulverizações programadas para outros fins. Os intervalos de aplicações mais utilizado no controle psilídeo são quinzenal e mensal no parque citrícola paulista (Machio, 2011, Parra et al., 2016).

O controle químico do inseto ocorre por meio de inseticidas sistêmico e de contato. De acordo com a produção integrada de citros (ProteCitrus) os inseticidas mais usados na citricultura para o controle *D. citri* no Brasil,

pertencem aos grupos químicos carbamatos, organofosforados, piretróides, éter difenílico, neonicotinóides, avermectina, éter piridiloxipropílico e tiadiazinona (Machio, 2011). Dentre esses os mais usuais são piretroides, organofosforados e neonicotinoides, que podem ser aplicados por pulverização foliar, drench no solo ou tronco, com rotação de modos de ação, devido os problemas de resistência dos insetos a um determinado produto (Grafton-Cardwell et al., 2013).

Durante a primavera e verão, costuma-se usar mais os sistêmicos pelo fato da umidade nesse período, que favorece absorção e translocação do produto sendo necessário geralmente de 15 a 20 dias após a aplicação para atingir uma mortalide 80% *D. citri.* Já para os inseticidas de contatos o período é de 7 a 30 dias de controle, dependendo das condições climáticas e da presença de brotações novas (Belasque Junior et al., 2010).

A pulverização foliar está sujeita às adversidades climáticas (precipitação pluviométrica e luminosidade), que podem reduzir o período residual e aumentar a sua degradação, devido à lavagem dos produtos por chuvas e pelo fluxo vegetativo que emergiu após pulverização (Yamamoto e Miranda 2009; Tiwari et al., 2011; De Carli, 2015). Dessa forma, a eficiência dos inseticidas de contato está relacionada com a quantidade de aplicações, devido o seu período residual ser reduzido pelas chuvas e pela presença de brotações (fluxo vegetativo que emergiu após pulverização). De modo geral, os inseticidas aplicados sobre as folhas são mais eficientes quando o produto aplicado atinge diretamente sobre o inseto no ato da aplicação (Miranda et al., 2011).

Já os inseticidas aplicados no solo ou via drench, requerem tempo para atingirem os vasos condutores das plantas, porque necessitam ser absorvidos e translocados até as folhas em crescimento, o que vai depender da umidade presente no solo, atividade fisiológica da planta e tamanho da planta (Miranda et al., 2011; Serikawa et al., 2011). Por esse motivo, é aconselhável que inseticidas aplicados nas folhas no período da seca e os inseticidas aplicados via solo ou drench no período das águas.

Os inseticidas sistêmicos no controle *D. citri* são utilizados desde o viveiro (pré-plantio) até em pomares de formação e inseticidas de contatos são utilizados em todas as fases do cultivo (Belasque Junior et al., 2010). Geralmente o período de controle para inseticidas de contato é em torno de 7 a 28 dias

(Miranda et al., 2017). Analisando de forma geral, deve-se considerar vários fatores para controle *D. citri*, visto que a tomada de decisão errada pode causar a ineficiência no controle do inseto.

2.5. Importância da tecnologia de aplicação no controle *D. citri*

A tecnologia de aplicação baseia-se no conhecimento multidisciplinar de inúmeras áreas, no que diz respeito a correta colocação de produtos fitossanitários no alvo, quando necessário, de forma econômica e com o mínimo de contaminação e assim garantindo a segurança do aplicador (Matuo, 1990, Ferreira et al., 2007). O conjunto de conhecimento referente à pulverização, aos alvos, às caldas (produtos, adjuvantes e suas formulações), recursos humanos, a empregado para se obter uma aplicação eficiente e segura no controle dos alvos, respeitando as boas práticas agrícolas (Ferreira et al., 2007; Antuniassi et al., 2017).

O sucesso da aplicação dos produtos fitossanitários, não depende exclusivamente da eficiência dos produtos, mas da tecnologia utilizada na aplicação (Fritz et al., 2014). Parâmetros como tensão superficial da calda e ângulo de contato da gota, pH, condutividade elétrica, estabilidade da calda, viscosidade, podem influenciar na cobertura e depósito e consequentemente no controle biológico do alvo (Petter et al., 2013; Della Vechia, 2017).

Em espalhamento de uma gota, esta é geralmente mais influenciada pela característica da calda, predominantemente a tensão superficial e a característica da epiderme da folha. Neste caso, tanto a reposta física da deformação da gota dada pela tensão superficial, resultante das forças interfaciais entre líquido e superfície, quanto à resultante da afinidade de cada calda em particular com a superfície em que se depositou implicarão no grau de espalhamento da gota e, portanto, na cobertura da superfície tratada e na probabilidade de contato com o alvo. Assim, o ângulo de contato da gota formada sobre uma folha será influenciado pela característica do líquido e pela característica da superfície, além da interação entre essas duas características.

Como há predominância da água na calda, se essa superfície for hidrorrepelente, a gota será mais esférica, portanto, com menor espalhamento e menor cobertura pela gota. Se a superfície for hidrófila a gota irá se espalhar mais, portanto com maior cobertura e maior probabilidade de contato do produto com o alvo (Kissmann, 1998). Essas características de superfície que influenciam o ângulo de contato de uma gota com a superfície, podem ser decorrentes da sua composição bioquímica ou anatômica (Iost e Raetano, 2010). Como efeito indireto, o espalhamento das gotas ainda pode interferir na absorção dos produtos, com interação importante para insetos sugadores que se alimentam de conteúdo do floema, como é o caso dos psilídeos.

Além desses parâmetros de tensão e ângulo de contato, outras propriedades físico-químicas das caldas, também são parâmetros importantes a serem considerados na aplicação, dado que as caldas perdem estabilidade, com efeitos visíveis de aglomeração, que podem estar relacionados à natureza e qualidade da matéria prima e à formulação dos produtos que compõem a mistura, ou à qualidade da água, ou mesmo aos procedimentos de preparo das caldas, resultando em incrustações com hidráulico dos equipamentos de aplicação e entupimento das pontas de pulverizações (Petter et al., 2013; Costa et al., 2017). Nessas situações, em que há a formação de precipitados, aglomerados e separação de fases, a uniformidade na concentração do produto é bastante comprometida, tanto quantitativa quanto qualitativamente, bem como podem ocorrer formação de subprodutos de natureza desconhecida, possivelmente menos eficientes para o controle do organismo alvo e tóxicos para organismos não alvo, como o próprio cultivo (Ferreira et al., 2007; Della Vechia, 2017), uma vez que essas características físico-químicas influenciam diretamente no tamanho de gotas geradas, na cobertura e no depósito sobre os alvos, na absorção e penetração das caldas pelo tecido vegetal (Kissmann, 1998, Cunha et al., 2017).

Uma outra característica do líquido é a viscosidade, pois em conjunto com a tensão superficial, pode gerar gotas mais grossas, com a maior viscosidade (Spanoghe et al., 2007; Contiero et al., 2018). Quando há geração de gotas muito finas, mais suscetíveis à deriva, pode-se aumentar a viscosidade das caldas por meio de aditivos, que podem conter polímeros de cadeia longa que aumentam da viscosidade das caldas (Spanoghe et al., 2007; Contiero et al., 2018). Porém,

a viscosidade está relacionada com a estabilidade, suscetível a variações com mudanças de temperatura (Prestes et al., 2009).

Propriedades químicas como a condutividade elétrica e o pH também devem ser consideradas, pois dão indicações da estabilidade nas caldas fitossanitárias. Cada produto fitossanitário apresenta uma faixa ideal de pH para seu funcionamento, ou seja, que afeta menos a sua estabilidade (Pereira et al., 2015). Em caldas com pH inadequado para determinado produto, pode haver altas concentrações de íons H+ ou OH-, resultando em dissociações ou reações moléculas de degradação como a hidrólise e redução dos ingredientes ativos, resultando na ineficiência do controle (Conceição, 2003; Azevedo, 2011).

A condutividade elétrica, indicam a disponibilidade de ânions e cátions na calda, permitindo avaliar teores de íons provenientes de substâncias polares, geralmente sais inorgânicos dissolvidos na água, como cloretos, sulfetos, carbonatos e fosfatos. A unidade é expressa em $\mu S\ cm^{-1}$ ou $mS\ cm^{-1}$, que e pode ser relacionada com a influência na disponibilidade dos produtos na calda e, por fim, na eficácia biológica de alguns produtos (Carlson e Burnside, 1984; Clesceri et al., 1998; Machado, 2006).

2.6. Adjuvantes nas caldas fitossanitárias

Os adjuvantes são ferramentas da tecnologia de aplicação, que visam manter ou aumentar a eficiência dos produtos sobre o alvo, atuando nas propriedades físico-química da calda, no intuito de minimizar perdas na aplicação, desde a compatibilidade de produtos em misturas no tanque, redução de deriva, maior e melhor depósito e cobertura sobre o alvo, melhor espalhamento da calda e maior velocidade de absorção do ingrediente ativo pelo alvo, permitindo ganhos no desempenho e eficiência da operação (Nascimento et al., 2022).

Entre os efeitos esperados dos adjuvantes nas caldas fitossanitárias estão os ajustes da condutividade elétrica, do pH, da tensão superficial e da viscosidade da calda; do tamanho e do tempo de evaporação das gotas; do ângulo de contato e consequente espalhamento das gostas sobre as superfícies,

da volatilidade das caldas depositadas; da penetração, absorção, translocação e ação dos produtos fitossanitários (Mendonça et al., 2007; Cunha e Alves, 2009; Cunha et al., 2017). Naturalmente, cada adjuvante é capaz em si, de realizar efeitos específicos. Sendo assim, o direcionamento para o uso ou não dos adjuvantes deve ser tal qual a necessidade específica de cada situação.

Em geral, está disponível uma ampla diversidade de adjuvantes, que desempenham funções nas propriedade físico-química das caldas, como acidificação, quelatização, surfatante com efeito na formação de espuma e no espalhamento e adesão das gotas, espessantes, entre outros (Kissmann, 1998; Cunha et al., 2017). Dentre essa diversidade de adjuvantes, o uso de óleos como aditivos vem demostrando redução da evaporação (Decaro Júnior 2015; Cunha et al., 2016). Porém o uso de óleo mineral deve ser criterioso, pois estes podem causar efeitos tóxicos nas plantas cultivadas (Coradini et al., 2016).

Outro adjuvante de bastante conhecido tem como base a lecitina de soja em ácido propiônico, com efeitos na redução de deriva das caldas pulverizadas, devido à uniformização do tamanho das gotas geradas nas pulverizações (Alves et al., 2018). Os adjuvantes à base de lecitina de soja e ácido propiônico têm a característica marcante da redução drástica do pH das caldas fitossanitárias (Sanches et al., 2018).

Nos capítulos a seguir serão apresentados os principais resultados de experimentos realizados com caldas de inseticidas biológicos e químicos com e sem a associação de adjuvantes à base de óleo mineral e de lecitina de soja e ácido propiônico e os seus efeitos nas caldas e sobre o controle de psilídeos em mudas de laranjeira.

5. REFERÊNCIAS

Alves GS, Kruger GR, Cunha JPAR (2018) Spray drift and droplet spectrum from dicamba sprayed alone or mixed with adjuvants using air-induction nozzles. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 53:693-702.

Antuniassi, Ulisses R, Carvalho FK, Mota AAB, Chechetto RG (2017) Recomendações de boas práticas na aplicação aérea de produtos fitossanitários. **Revista Plantio Direto**, 27: 5-9.

Aubert B (1987) Trioza crytreae Del Guercio and Diaphorina citri Kuwayama (Homoptera: Psyllidae), the two vectors of citrus greening disease: biological control and possible control strategies. **Fruits**, 42:149-162.

Azevedo, LAS (2011) **Adjuvantes agrícolas para a proteção de plantas**. Seropédica: IMOS, 2011. 264p

Bastos DC, Ferreira EA, Passos OS, Sá JF, Ataíde EM,Calgaro M (2014) Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira. **Informe Agropecuário**, 35:36-45.

Bassanezi RB, Montesino LH, Gimenes-Fernandes N, Yamamoto PT, Gottwald, TR, Amorim L, Bergamin Filho A (2013) Efficacy of area-wide inoculum reduction and vector control on temporal progress of huanglongbing in young sweet orang plantings. **Plant Disease,** 97: 789-796.

Bastianel M, Novelli VM, Kitajima EW, Kubo KS, Bassanezi RB, Machado MA, Freitas-Astua J (2010) Citrus leprosis: centennial of an unusual mite virus pathosystem. **Plant Disease,** 94:284-292.

Behring JL, Lucas M, Machado C, Barcellos IO (2004) Adaptação no método do peso da gota para determinação da tensão superficial: Um método simplificado para a quantificação da CMC de surfactantes no ensino da química. **Química Nova**. v. 27, n.3, p. 492-495.

Belasque Junior J, Bergamin Filho A, Bassanezi RB, Barbosa JC, Fernandes NG, Yamamoto PT, Lopes SA, Machado MA, Leite Junior RP, Ayres AJ, Massari CA (2009) Base científica para a erradicação de plantas sintomáticas e assintomáticas de Huanglongbing (HLB, Greening) visando o controle efetivo da doença. **Tropical Plant Pathology** 34:137–145.

Beloti VH, Rugno GR, Felippe MR, Carmo-Uehara A, Garbim LF, Godoy WAC, Yamamoto PT (2013) Population dynamics of Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in orchards of ‘Valencia’ orange, ‘Ponkan’ Mandarin and ‘Murcott’ Tangor trees. **Florida Entomologist** 96:173-179.

Borges ACG, Costa VMHM (2005). A evolução do agronegócio citrícola paulista e o perfil da intervenção do Estado. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, 9:101-124.

Boteon M, Neves EM (2005) Citricultura brasileira: aspectos econômicos. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.) (2005) **Citros.** Campinas: Instituto Agronômico; FUNDAG. cap. 2, p. 19-36.

Bové JM (2006) Huanglongbing: uma nova doença destrutiva, recém-emergente e centenária dos citros**. Revista Plant Pathology** 88:7–37.

Carlson KL, Burnside OC (1984) Comparative phytotoxicity of ghyphosate. **Weed Science**, 32: 841-884.

Castro MEA, Bezerra AR, Leite WA, Mundin Filho W, Nogueira ND (2010) Situação e ações do estado de Minas Gerais frente ao Huanglongbing. **Pesquisa e Tecnologia Cítrica** 31:163–168.

Clesceri LS, Greenberg AE, Eaton AD. Standard methods for the exame nation of water and wastewater In: Washington, DC: **American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environmet Federation**, 1998.

Coletta-Filho HD, Targon MLPN, Takita MA, de Negri JD, Pompeu JRJ, Machado MA (2004) Primeiro relato do agente causal do Huanglongbing ('*Candidatus* Liberibacter asiaticus') no Brasil. **Doença de Planta** 88:1382.

Conceição MZ (2003) Defesa vegetal: legislação, Normas e produtos fitossanitários. In: Zambolim, L, Conceição MZ, Santiago T **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos agrotóxicos.** 2. ed. Viçosa: UFV/ANDEF, p. 1-68.

Contiero RL, Biffe DF, Catapan V (2018) Tecnologia de Aplicação. In: Brandão Filho JUT, Freitas PSL, Berian, L.O.S., and Goto, R., comps **Hortaliças-fruto**. Maringá: EDUEM, pp. 401-449.

Coradini C, Piccinini F, Reimche GB, Costa IFD, Machado SLO (2016) Efeito de óleo essencial de laranja associados a fungicidas no controle de doenças foliares do trigo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 42, n. 1, p. 105-106.

Cosave (2015) Região Cosave. HLB: Programa Regional de Controle e Prevenção, sem dados. Disponível em: www.neppo.org/wp-content/uploads/2014/05/cosaveprograma_regional_del_hlb_marruecos_20131 10610_12_7.87-MB.pdf .

Costa LL, da Silva HJPS, Almeida DP, Ferreira MC, Pontes NC (2017) Droplet spectra and surface tension of spray solutions by biological insecticide and adjuvants. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 2, p. 292-301

Cunha JPAR, Alves GS (2009) Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Interciencia**, Caracas, v. 34, n. 9, p. 655-659.

Cunha JPAR (2008) Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência e Agrotecnologia.** 32:1616-1621.

Cunha JPAR, Alves GS, Marques RS (2017) Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 261-270.

Decaro Júnior ST 9 (2015) **Avaliação de um pulverizador de volume ultra baixo e de adjuvantes em caldas fitossanitárias na cultura do citros**. 140 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). UNESP, Jaboticabal.

Della Vechia, JF (2017) **Interação entre produtos fitossanitários no manejo de Brevipalpus yothersi e Diaphorina citri na cultura dos citros**. 104 f. (Dissertação Mestrado Entomologia Agrícola) UNESP, Jaboticabal.

Erpen L, Muniz FR, Souza MT, Rocha TEC (2018) Análise do cultivo da laranja no Estado de São Paulo de 2001 a 2015. **Revista IPecege**, 4: 33-43.

Erpen, A (2018) Pesquisa Transgênica em Fruticultura. Em Engenharia Genética de Cultivos Hortícolas. In: Rout, GR, Peter, KV, Eds **Imprensa Acadêmica: Cambridge, MA, EUA**, págs. 63-87.

Febres V, Fisher L, Khalaf A (2011) Citrus Transformation: Challenges and Prospects In: Alvarez M, Eds **in genetic transformation** IntechOpen: Londres, Reino Unido, págs. 101–122.

Ferreira MC, Costa GM, Silva AR, Tagliari SRA (2007) Fatores qualitativos da ponta de energia hidráulica ADGA 110015 para pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola**, 27:471-478.

Fritz BK, Hoffmann WC, Kruger GR, Henry RS, Hewitt A, Czaczyk Z (2014) Comparison of drop size data from ground and aerial application nozzles at three testing laboratories. **Atomization Sprays.** 24:181-192.

FUNDECITRUS (2018) **Os dez mandamentos do HLB.** Disponível em: file:///C:/Users/Thalia/Downloads/ManualZgreening_2018-19Z1.pdf

FUNDECITRUS (2015) **Revista Citricultor – edição 28** Disponivelem:<https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/revista_detalhes/revista-citricultor--edicao28/31>. Acesso em 4 de jul.

Gallo D, Nakano O, Silveira Neto S, Carvalho RPL, Batista GC, Berti Filho E, Parra JRP, Zucchi RA, Alves SB, Vendramim JD (2002) **Entomologia Agrícola.** Piracicaba: Ceres. 920 p

Garnier M, Danel N, Bove JM, Bové J (1984) The greening organism is a Gram negative bacterium, **in: Proceedings of the 9th Conference of the International Organization of Citrus Virologists**, IOCV. Riverside, 115–124.

Grafton-Cardwell EE, Stelinski LL, Stansly PA (2013) Biology and Management of Asian Citrus Psyllid, Vector of the Huanglongbing Pathogens. **Annual Review of Entomology** 58:413–32

Gravena S (2005) **Manual prático de manejo ecológico de pragas dos citros. Jaboticabal**: Gravena. 372 p

Halbert SE, Manjunah KL (2004) Asian citrus psyllids (Sternorryncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida. **Fla Entomol**. 87:330-353.

Hall DG, Richardison ML, Ammar ED (2013) Asian citrus psyllid, Diaphorina citri, vector of citrus Huanglongbing disease. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 146:207-223.

Halbert, SE and Manjunath, KL (2004). Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. ***Florida entomologist***, *87*(3), 330-353.

Iost CAR, Raetano CG (2010) Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfatantes em superfícies artificiais e naturais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, 30:670-680.

Kismann KG (1998) Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: Guedes JVC, **Dornelles SB. Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos:novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, p. 39-51.

Lopes SA, Martins EC, Frare GF (2006) Detecção de Candidatus Liberibacter asiaticus em Murraya paniculata. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, 2006.

Machado CB (2006) **Avaliação da qualidade dos efluentes das lagoas de estabilização em série da Estação de Tratamento de Esgoto de Samambaia, DF para o cultivo de tilápia (Oreochromis niloticus)**. 126 p. (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília.

Maschio F (2011). **Ações adotadas pelo citricultor para o manejo do Huanglongbing (HLB. Greening) no parque citrícola paulista** dissertação (dissertação de mestrado. Araraquara SP Fundo de Defesa da Citricultura, Araraquara, SP, Brazil).

Mattos Junior D, Negri JD, Figueiredo, JO e Pompeu Junior (2005) **CITROS: principais informações e recomendações de cultivo**. Instituto Agronômico de Campinas, p. 1-8.

Matuo T (1990) **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 139p.

Mendonça CG, Raetano CG, Mendonça CG (2007) Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Engenharia Agrícola**, 27: 16-23.

Miranda MP, Felippe MR, Garcia RB, Yamamoto PT, Lopes JRS (2011) **Effect of insecticides and mineral oil on probing behavior of Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in citrus.** Proceedings of the 2nd International Research Conference on Huanglongbing, Abstract 3.8, Orlando.

Miranda MP, Noronha Júnior NC, Marques RN (2011) Alternativas para o manejo do vetor do greening no Brasil. In: Baldin E, Fujihara RT, Firmino AC, Negrisoli E, Souza ES, Prado E P, Marubayashi JM (Ed.). **Avanços em fitossanidade.** Botucatu: UNESP/FEPAF, p. 143-163.

Montesino LH (2011) **Evolução dos sintomas de Huanglongbing em laranjeiras jovens: relação com época do ano, fenologia das plantas, flutuação populacional de Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) e medidas de controle do vetor.** Dissertação (Mestrado em Controle de Doenças e Pragas dos Citros) - Fundo de Defesa da Citricultura

Nascimento JR et al (2022) Topics in agricultural entomology – XIII. In: POLANCZYK RA et al **Good practices in agricultural spraying for pest management**, pp 71-83.

Neves MF, Trombin VG, Milan P, Lopes FF, Cressoni F, Kalaki R (2010) **O Retrato da Citricultura Brasileira**. In: NEVES MF (Coord.). Ribeirão Preto: Markestrat, 138 p.

Noronha Júnior NC (2010) **Efeito dos coespecíficos e voláteis das plantas Murraya paniculata (L.) Jack, Psidium guajava L. e Citrus sinensis (L.) Osbeck sobre o comportamento de Diaphorina citri Kuwa (Hemiptera:Psyllidae).** Tese Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Nunes WMC, de Souza EB, Leite Junior RP, Salvador CA, Rinaldi DA, Filho JC, Paiva PG (2010) Plano de ação para o controle do Huanglongbing no estado do Paraná, Brasil. **Pesquisa e Tecnologia Cítrica** 31:169–177

Outi Y, Cortese P, Santinoni L, Palma L, Agostini J, Preusler C, Gastaminza G, Perez G, Dominguez E (2014) HLB na Argentina: um novo surto de doença. **Journal of Citrus Pathology** 1:82

Paiva PEB (2009) Distribuição espacial e temporal, inimigos naturais e tabela de vida ecológica de Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em citros em São Paulo. Tese Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Parra JRP, Lopes JRS, Torres MLG, Nava DE, Paiva PEB (2010) Bioecologia do vetor Diaphorina citri e transmissão de bactérias associadas ao huanglongbing. **Citrus Research & Technology,** 31:37-51.

Pereira RB. et al. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos em cultivo protegido de tomate e pimentão (2015) **Embrapa Hortaliças**-*Circular Técnica (INFOTECA-E)*, Brasilia-DF.

Petter FA, Segate D, Almeida FA, Alcântara Neto F, Pacheco LP (2013) Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas**. Comunicata Scientiae**, 4:129-138.

Prestes PS, Rigon RB, Corrêa NMN, Leonardi GR (2009) Avaliação da estabilidade físico-química de emulsão acrescida de uréia dispersada, ou não, em propilenoglicol. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básicas e Aplicadas** , *30* (1).

Rodrigues ACP, Filho SIBS, Martins D, Costa NV, Rocha DC, Souza GS F (2010) Avaliação qualitativa e quantitativa na deposição de calda de pulverização em Commelina benghalensis. **Planta Daninha** 28:421-428.

Sanches JJ, Ferreira MDC, Andrade DJD (2018) Impact of Rainfalls on the Acaricide Propargite with and without addition of adjuvants for the control of the mite Brevipalpus yothersi. **Revista Brasileira de Fruticultura,** 40, n. 1.

Sasaki RS. et al.(2015) Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, v.45, n.2, p.274-279.

Silva JF, Ferreira LR, Ferreira FA (2007). Herbicidas: absorção, translocação, metabolismo, formulação e misturas. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. p. 118-154.

Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola,** (2022) Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/geratabela?format=xlsx&name=tabela7832.xlsx&terr=N&rank=-&query=t/7832/n1/all/n2/all/n3/all/v/all/p/all/c49/all/c48/39463/l/v,p%2Bc49,t%2Bc48&measurecol=true

Souza VC, Lorenzi H (2012) Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III. Nova Odessa: **Plantarum**, 768p.

Spanoghe P, Schampheleire M, Van der Meeren P, Steurbaut W (2007) Revisão Influência de adjuvantes agrícolas em espectros de gotículas. Pragas. **Gerenciar ciência**, 63:4–16.

Teixeira DC, Danet JL, Eveillard S, Martins EC, Jesus JRWC, Yamamoto PT, Lopes SA, Bassanezi RB, Ayres AJ, Saillard C, Bové JM (2005) Citrus huanglongbing in São Paulo state, Brazil: PCR detect of the Candidatus Liberibacter espécies associadas à doença. Sondas Moleculares e Celulares 19:173–179.

USDA – United States Department of Agriculture (2021) **Citrus: World Markets and Trade**. Disponível em: https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/w66343603/gf06gq220/rx914c158/citrus.pdf

USDA/FAS Foreign Agricultural Services. (2019). **Citrus: World markets and trade Retrieved June 12, 2019**, fromhttps://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/citrus.df

USDA/FAS Foreign Agricultural Services. (2022). **Citrus: World Markets and Trade Retrieved Jane 2022,** from. https://public.govdelivery.com/accounts/USDAFAS/subscriber/new

Van Zyl JGJ, Fouriea PH, Schutteb GC (2013) Spray deposition assessment and benchmarks for control of Alternaria brown spot on mandarin leaves with copper oxychloride. **Crop Protection**, 46:80-87.

Yamamoto PT (2008) Controle de insetos vetores de bactérias causadoras de doenças em citros. In: Yamamoto, P.T. (Org.). **Manejo integrado de pragas dos citros.** 1:237- 260.

Yamamoto PT, Alves GR, Beloti VH (2015) Manejo e controle do huanglongbing (HLB) dos cítricos**. Investigación Agraria**, 16:69-82.

Yamamoto PT, Paiva PEB, Gravena S (2001) Flutuação populacional de Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em pomares de citros na região Norte do estado de São Paulo**. Neotrop. Entomol**. 30:165-170

CAPÍTULO 2 – INTERFERÊNCIA DE ADJUVANTES EM CARACTERÍSTICAS DE CALDAS COM INSETICIDAS QUÍMICOS E BIOLÓGICO PARA CONTROLE *Diaphorina citri*

RESUMO - O psilídeo asiático dos citros , *Diaphorina citri* , é o vetor da bactéria Candidatus Liberibacter (Huanglongbing -HLB), considerada uma das doenças mais grave da citricultura. Seu controle se dá a partir de aplicações frequentes de produtos químicos, com impactos negativos no custo e na segurança da atividade. Visando avaliar opções eficientes e econômicas para a aplicação, objetivou-se neste estudo avaliar a interferência dos adjuvantes em caldas de inseticidas químico e biológico, relativas à tecnologia de aplicação para tratamentos fitossanitários. Este estudo avaliou os parâmetros físicos e químicos, potencial hidrogênio (pH), condutividade elétrica (CE) diâmetro mediano volumétrico (DMV), coeficiente de uniformidade de gotas (SPAN), ângulo de contato a gota e a superfície em que se deposita, tensão superficial e viscosidade de caldas com inseticidas químicos e microbiológico, em associação com adjuvantes. Houve compatibilidade principalmente nos horários de seis e 24 horas para inseticidas associados aos adjuvantes. Logo após o seu preparo, a maioria das caldas avaliadas foi compatível. A adição de adjuvante à base de lecitina de soja reduziu o pH para todos os inseticidas. Para CE houve aumento com o adjuvante à base de lecitina. A adição de óleo mineral às misturas com três inseticidas reduziu os valores de ângulo de contato e tensão superficial das gotas, resultando em maior espalhamento das gotas nas folhas. Os adjuvantes utilizados neste estudo afetaram as características físicas e químicas das misturas, melhorando ou prejudicando a qualidade das aplicações.

Palavras-chaves: Psilídeo, compatibilidade de calda, aditivos, citros, MIP

INTERFERENCE OF ADJUVANTS IN CHARACTERISTICS OF GROUT WITH CHEMICAL AND BIOLOGICAL INSECTICIDES TO CONTROL *Diaphorina citri*

ABSTRACT – The Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, is the vector of Candidatus Liberibacter (Huanglongbing -HLB) bacteria, considered one of the most serious citrus diseases. Its control comes from frequent application of chemical products, with negative impacts on the cost and safety of the activity. Aiming to evaluate efficient and economical options for application, the objective of this study was to evaluate the interference of adjuvants in chemical and biological insecticide mixtures, related to the application technology for phytosanitary treatments. This study evaluated the physical and chemical parameters, hydrogen potential (pH), electrical conductivity (EC) volumetric median diameter (DMV), droplet uniformity coefficient (SPAN), contact angle between the droplet and the surface on which it is deposited, voltage surface and viscosity of sprays with chemical and microbiological insecticides, in association with adjuvants. There was compatibility mainly at six and 24 hours for insecticides associated with adjuvants. Right after its preparation, most of the syrups evaluated were compatible. Addition of soy lecithin-based adjuvant reduced the pH for all insecticides. For EC, there was an increase with the lecithin-based adjuvant. The addition of mineral oil to the mixtures with three insecticides reduced the values of contact angle and surface tension of the droplets, resulting in greater spreading of the drops on the leaves. The adjuvants used in this study affected the physical and chemical characteristics of the mixtures, improving or harming the quality of the applications.

Keywords: Psyllid, tank-mixture, additives, citrus, IPM

1. INTRODUÇÃO

O greening é uma das ameaças mais importante a nível mundial na citricultura, causada por uma bactéria do gênero Candidatus Liberibacter, ela resulta em grandes prejuízos como deformação e manchas nos frutos e até mesmo a queda deles (McClean e Schwars, 1970; Bové 2006). A disseminação dessa doença na Florida foi de aproximadamente 100% e no Brasil desde a sua detecção em 2004, a sua incidência só veio aumentando, chegando a 22,37% no cinturão citrícola de São Paulo e Minas Gerais em 2021 (Fundecitrus, 2021).

A forma mais empregada para diminuir a transmissão dessa doença é o controle do inseto vetor (*Diaphorina citri*), popularmente conhecido como psilídeo dos citros, principalmente com aplicações de inseticidas químicos (Bové, 2006; Miranda et al., 2021). No entanto, com aplicações frequentes e com os mesmos ingredientes ativos, a práticas se torna insustentável, devido à seleção de indivíduos resistentes e consequente redução da eficiência dos produtos (Zanardi et al., 2018), além de causar mortalidade de inimigos naturais (Stansly et al., 2010) e poder contaminar o ambiente e o aplicador. O grande número de aplicações para o controle de *D. citri*, tem sido justificado pela ocorrência nos pomares durante o ano todo (Balasque Junior et al., 2010).

Assim, torna-se importante utilizar de estratégias mais sustentáveis que possam minimizar os impactos negativos do uso exclusivo de inseticidas químicos, tornando o controle microbiano uma alternativa viável para o manejo de insetos nas culturas frutíferas (Lacey et al., 2015; Kalvnadi et al., 2018).

O manejo sustentável no controle desse alvo, deve considerar que para obter eficiência das aplicações e consequentemente controle do inseto, o produto aplicado deve atingir o alvo corretamente, em quantidade necessária, quando e se necessário, de forma econômica e com mínimo de contaminação de áreas não alvo (Matuo, 1990).

Dessa forma, deve-se considerar os fatores pertinentes para obter uma boa aplicação. Um item utilizado com frequência na atualidade é a adição de adjuvantes à calda que, quando compatíveis aos produtos,

podem aumentar os índices de depósito, espalhamento, molhamento, adesão, retenção e absorção, translocação e intoxicação sobre o inseto alvo, permitindo um maior segurança e eficiência no controle (Chaim, 2003). Esses aditivos promovem alterações nas propriedades físico-químicas das caldas, tais como na tensão e ângulo de contato, pH e condutividade elétrica e tamanho de gota, visando colaborar com os efeitos sobre a aplicação (Kissmann, 1997; Cunha, 2017; Santos et al., 2019 Ferreira et al., 2020).

Assim, objetivou-se avaliar a interferência dos adjuvantes em características de caldas de inseticidas químico e biológico, relativas à tecnologia de aplicação que permitam indicar consistentemente produtos e procedimentos para os tratamentos fitossanitários.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização dos tratamentos

As avaliações foram conduzidas em laboratório, entre fevereiro e abril de 2022, com arranjo experimental em delineamento inteiramente ao acaso, com dez tratamentos compostos por inseticida químico e biológico associados ou não a adjuvante, em quatro repetições (Tabela 1).

Foram utilizados os seguintes produtos: inseticida microbiológico a base de fungo *Cordiceps fumosorosea* cepa ESALQ 1296 registrado para o controle do psilídeo (Challenger®, Suspensão Concentrada SC, Koppert do Brasil holding ltda), o inseticida a base de imidacloprido (Provado 200 SC®, Suspensão Concentrada SC, Bayer S.A.) e outro inseticida é base de malationa (Malathion CCAB 1000®, Concentrado Emulsionável (EC), Ningbo Sunjoy Agroscience CO., LTD). Os adjuvantes foram: a base de lecitina de soja e ácido propiônico (LI 700® - Emulsão de óleo em água de lecitina de soja, Fortgreen); e o adjuvante e inseticida e acaricida de contato, do grupo químico hidrocarbonetos alifáticos (Assist®, Concentrado Emulsionável - EC BASF S.A.) (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos compostos por inseticidas biológico e químico, associados ou não a adjuvantes e suas doses maiores da bula. Jaboticabal, 2022.

Tratamentos	Abreviações	Dose / 100 L
Testemunha	T	-
Inseticida Microbiológico	IM	400 mL
Inseticida Microbiológico + Óleo mineral	IM+OM	400 mL+ 1,0 L
Inseticida Microbiológico + Lecitina de soja	IM+LS	400 mL + 500 mL
Imidacloprido	I	20 mL
Imidacloprido + Óleo mineral	I+OM	20 mL + 1,0 L
Imidacloprido + Lecitina de soja	I+LS	20 mL + 500 mL
Malationa	M	150mL
Malationa + Óleo mineral	M+OM	150mL+ 1,0 L
Malationa + Óleo mineral	M+LS	150mL + 500 mL

2.2. Caracterização das caldas fitossanitárias

Para a caracterização das caldas fitossanitárias foram analisados parâmetros físicos e químicos, conforme descritos a seguir.

2.2.1. Tensão superficial e ângulo de contato

A tensão superficial das caldas e ângulo de contato formado entre a gota e a superfície depositada, foram avaliados em equipamento Contact Angle System OCA 15-plus (Dataphysics®). Foram realizadas quatro repetições para os dez tratamentos.

Este equipamento contém uma câmera de alta resolução e velocidade (CCD, 60 imagens por minuto) para a medição da deformação da gota (tensão superficial) e do ângulo de contato. Os dados foram registrados a cada segundo durante um minuto após a formação das gotas. Para determinação da tensão superficial, o equipamento foi ajustado para o método da gota pendente, considerando a equação de Young-Laplace $\Delta P = 2\gamma / R$, onde ΔP é a variação de pressão entre superfícies, γ é a tensão superficial e R é o raio de curvatura da gota. Por esse método um injetor eletrônico foi calibrado para emitir um volume de 3 µL, formando uma gota que ficou suspensa em uma agulha, cuja imagem foi capturada pela câmera e analisada por assimetria de eixos.

O ângulo de contato foi determinado pela gota séssil depositada sobre a superfície plana artificial padrão de filme parafínico (Parafilm®). A câmera captura a imagem da gota sobre a superfície e mede o ângulo formato pela tangente externa da gota a partir da intercepção com a superfície. O ângulo de contato foi medido durante 60 segundos a partir do depósito da gota. Os dados gerados aos vinte segundos após a formação da gota foram considerados para caracterizar as caldas fitossanitárias e comparação estatística, por estarem próximos do ponto de inflexão das curvas de tensão superficial e ângulo de contato, em relação ao tempo de avaliação.

2.2.2. Tamanho de gotas

As gotas foram formadas com uma ponta do modelo TXA 8002, operando na pressão de 5 bar (TeeJet, 2014), mantida constante por ar comprimido, sendo determinado do diâmetro das gotas a partir do analisador de partículas por difração de raios laser (Mastersizer S®, versão 2.19). Nesse equipamento, um feixe de laser é emitido por uma fonte colimadora e recebido na região oposta à emissão. As duas regiões contêm lentes de emissão e recepção, em cujo espaço entre elas são expostas as partículas a serem analisadas. Pela incidência da luz nas partículas há um desvio em sua trajetória, cujo ângulo do desvio é utilizado para o cálculo do diâmetro equivalente da partícula (Calore et al., 2015). Tratando-se de gotas medidas no ar, o formato assumido é semelhante à uma esfera. Quanto menor a partícula, maior é o grau de difração que o raio de luz sofre (Etheridge et al., 1999). Pela classe tamanho com gota gerada na pressão de 5 bar (muito fina) o equipamento foi ajustado com a lente de 300 mm (partículas de 0,5 a 900 µm).

A ponta de pulverização foi instalada à 40 cm do feixe de laser (FAO, 1997), em que a pulverização foi acionada com uma pressão de 5 bar foi mantida constante com um regulador de pressão de precisão. Foi utilizado um oscilador longitudinal para o jato de calda atravessar transversalmente o laser durante a leitura pelo aparelho, visando uma amostragem representativa dos tamanhos de gota produzidos por toda a extensão do jato da ponta (Calore et al., 2015). O

tempo despendido pelo oscilador para mover-se de um extremo ao outro do jato aplicado foi ajustado para 3 segundos.

As condições ambientais médias no momento de realização dos experimentos foram: temperatura do ar de 26ºC, umidade relativa do ar de 55% e ausência de ventos. Os valores relacionados ao espectro de tamanho de partículas são processados e tabelados diretamente pelo programa (Mastersizer S versão 2.19, Malvern Instruments Co.).

Na caracterização do espectro das gotas, foi determinado o coeficiente de uniformidade de gotas (SPAN = (Dv0,9-Dv0,1)/Dv0,5), o percentual de volume das gotas menores que 100 micrometros (%Vol<100µm) e o diâmetro mediano volumétrico (DMV).

Os valores de Dv0,1 correspondem ao diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor; Dv0,5 corresponde ao diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor, também conhecido como diâmetro da mediana volumétrica (DMV); Dv0,9 ao diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor.

Com o SPAN, pode-se analisar a variação do tamanho das gotas produzidas no determinado espectro de gotas, sendo que quanto mais próximo de zero (0) estiver o valor de SPAN, mais homogêneo é o espectro. Ou seja, maior é o volume da calda pulverizado por gotas do tamanho preconizado.

2.2.3. Estabilidade físico-químico da calda

A análise de estabilidade físico-química da calda, considerou a metodologia da NBR 13875 (Agrotóxico – Avaliação de compatibilidade físico-química) (ABNT, 2014). No preparo das caldas utilizou-se provetas graduadas de 250 mL, em quatro repetições. As caldas foram preparadas com água-padrão com dureza total de 20 $mg.kg^{-1}$ em equivalente de CaCO3, conforme a NBR 13074 (ABNT, 1997). Em seguida adicionou-se os produtos na concentração máxima (Tabela 1), conforme recomendado na bula de cada produto para um

volume de 250 mL, no qual primeiramente acrescentou os inseticidas e por ultimo os adjuvantes.

Após o preparo das caldas, as provetas foram agitadas por 10 vezes em movimentos angulares. Em seguida, foram mensurados a condutividade elétrica em condutivímetro (Marte® MP-11P) e o pH da calda em peagâmetro (Quimis Q400RS). Em seguida, foi realizada a caracterização da calda a partir da identificação da formação de espuma, creme, cristais, sedimentação, separação de fases e grumos (ABNT, 2014).

As avaliações de estabilidade físico-química da calda foram realizadas nos intervalos de zero, duas, seis e 24 horas após o preparo da calda (HAP), representam os procedimentos de campo em que o aplicador prepara a calda e nem sempre a aplica de imediato, podendo apresentar as ocorrências descritas no método, com a calda avaliada nos períodos descritos (ABNT, 2014).

2.2.4. Análise de viscosidade

Utilizou-se um viscosímetro rotacional (USS – DVT4 Digital Rotary Viscometer), que avalia a viscosidade com base no torque necessário para rotacionar um cilindro (spindle), submerso em 15 mL das caldas de pulverização analisadas. O diâmetro de cilindro para cada situação é selecionado de acordo com as características de cada líquido. Para a presente pesquisa, foi utilizado um cilindro com diâmetro de 100 mm (referência S-28), conforme recomendação do fabricante, por se tratar de líquidos Newtonianos, com viscosidade constante, e com valores próximos ao da água. A rotação utilizada foi de 60 rpm. As leituras das caldas foram feitas em quatro repetições.

2.3. Análise estatística

Os resultados foram submetidos aos testes de normalidade de resíduos (Shapiro-Wilk) e de homocedasticidade (Levene), ambos ao nível de significância de 5%. Os resultados do experimento de tensão superficial, ângulo

de contato, pH, condutividade elétrica, aspecto da gota, SPAN e viscosidade foram analisados pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação da compatibilidade física, foram observadas incompatibilidades para alguns dos tratamentos (Tabela 2). Houve separação de fases apenas para os horários de seis e 24 horas para as caldas IM+OM, IM+LS, I+OM e I+LS. Para a calda do inseticida malationa (M) isolado, ocorreu formação de creme para as avaliações de duas, seis e 24 horas após o preparo. A mistura M+LS formou creme com 6 horas após o preparo e para M+OM e M+LS houve formação de creme às 24 horas após o preparo.

Os tratamentos contendo malationa apresentaram sedimentação nos horários de duas, seis e 24 horas, sendo que a calda M+LS apresentou sedimentação nos quatro horários avaliados. Para os tratamentos com imidacloprido com os dois adjuvantes, houve sedimentação nos horários de 0, 2 e 6 horas após o preparo da calda, com exceção para I+OM que não sedimentou com horário de 6 horas. Para os tratamentos com biológicos associados aos adjuvantes, houve sedimentação às 24 horas após o preparo da calda. Entretanto, houve redispersão para todos os tratamentos que sedimentaram. Houve formação de espuma a zero e duas horas para todos os tratamentos. Não houve formação de grumos e cristais.

Tabela 2. Características química de caldas analisadas, como flocos, grumos, separação de fase, sedimento, cristais, creme e formação de espuma, avaliados após o preparo da calda, com duas horas, seis e 24 horas.

Caldas	Horário do preparo da calda																															
	Sep. de fases				Floculação				Grumos				Cristais				Creme				Sedim.				Espuma (cm)				Redispersão			
	0	2	6	24	0	2	6	24	0	2	6	24	0	2	6	24	0	2	6	24	0	2	6	24	0	2	6	24	0	2	6	24
B																									2,20	1,05	0,60	0,00				
B+MO																									2,28	0,63	0,00	0,00				
B+LS																									0,95	0,00	0,28	0,00				
I																									0,73	0,00	0,00	0,00				
I+OM																									0,00	0,00	0,00	0,00				
I+SL																									0,55	0,00	0,00	0,00				
M																									2,90	0,43	0,00	0,00				
M+OM																									2,33	0,78	0,00	0,00				
M+LS																									1,07	0,95	0,00	0,00				

*Os quadrados preenchidos em cinza, refere-se aos tratamentos que apresentaram incompatibilidade, em branco não houve incompatibilidade para os determinado horários.

Reações entre as caldas podem gerar instabilidade química e física. Os produtos podem-se aglomerar através de combinações que resultem em uma concentração heterogênea da calda (Costa et al., 2020).

Essas incompatibilidades podem ser de ordem química dos ingredientes ativos, que podem reagir entre si e com os elementos presentes na água (Silva; Ferreira; Ferreira, 2007). No caso da presença de sedimentação muita das vezes é ocasionada pela baixa solubilidade dos produtos na água, ou também pelas reações com elementos presente na água, aos quais os produtos químicos podem se associar (Sprankle; Meggitt; Penner, 1975; Decaro Junior, 2019). No caso do aparecimento de separação de fase, se dá pelo fato dos óleos se separam dos solventes com passar do tempo, principalmente nos produtos à base de formulações EC (concentrado emulsionável) (Gadanha Jr., 2007). Para esse trabalho foi presenciada a separação de fases com seis e 24 horas após o preparo das caldas com inseticidas com óleo mineral e lecitina de soja, tal efeito pode ser minimizado com uma agitação continua,

não apenas para separação de fases, mas diminue a sedimentação e formação de creme, visto que, quando há o aparecimento dessas características na calda, obviamnete o produto não estará bem diluído, fazendo com que o seja aplicado seja apenas água, não obtendo o controle esperado.

De forma geral, houve poucas incompatibilidades físicas, principalmente após o preparo da calda. A única ocorrência evidenciada após o preparo foi o surgimento de espuma, que é um fator prejudicial para operação de pulverização, uma vez que pode gerar derramamentos de calda com perdas de produtos e da segurança da atividade.

O pH dos inseticidas isolados variaram com passar do tempo. Para o inseticida microbiológico o pH reduziu de 10,7 a 6,6, respectivamente dos horários de 0 a 24 horas. Para inseticida imidacloprido isoladamente o pH se manteve pouco alterado. Para o malationa houve oscilações entre os horários, sendo o maior valor de pH de 8,7 (2 horas) e menor valor de 7,2 (6 horas). Entre os três inseticidas isoladamente, o que apresentou maiores valores de pH em todos os horários foi imidacloprido (maior valor de 11,5, zero hora) (Figura 1.)

Quanto ao pH das caldas de inseticidas associados ao óleo mineral, para microbiológico conforme os horários houve redução no valor do pH de 8,7 a 6,4, sendo que houve um abaixamento do pH no momento do preparo da calda, mas que apresentou uma redução menos expressiva do que a observada para este inseticida isolado.

O imidacloprido novamente manteve-se pouco alterado quanto ao pH, entretanto com valores mais baixos do que os observados para o inseticida isolado (9,2 a 8,5).

Quanto ao malationa com o óleo mineral, os valores de pH oscilaram de 8,2 a 7,6, portanto, muito próximos e ligeiramente mais estáveis que os valores observados para o inseticida isolado.

Para os três inseticidas associados com óleo mineral, o que apresentou maior pH foi imidacloprido (9,2, zero hora).

O pH das caldas dos inseticidas associados com adjuvante lecitina de soja foi reduzido para valores ácidos entre 3,2 e 3,7 e manteve-se pouco alterado nos quatro tempos de avaliação.

De forma geral, o fator adjuvante a base de lecitina de soja reduziu e estabilizou o pH de todos os inseticidas. Essa característica é conhecida para o

adjuvante utilizado e se confirmou para os tratamentos avaliados (Spandoni, 2019). Os maiores valores de pH foram obtidos para os inseticidas isolados, sendo provavelmente, o esperado pelos formuladores, como condição adequada para a atuação destes produtos.

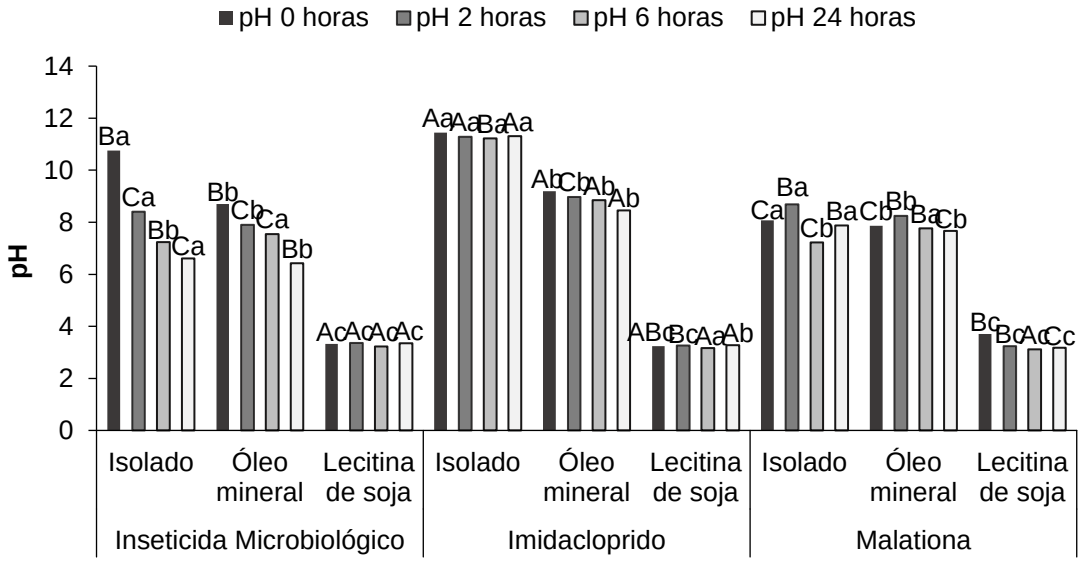
Os produtos fitossanitários apresentam um grau de funcionalidade diferente de acordo com determinada faixa de pH, devido a constante de dissociação de muitas moléculas dependerem do pH, pois alguns produtos podem degradar em meio alcalino pelo processo de hidrólise, interferindo na disponibilidade quali-quantitativa das moléculas do ingrediente ativo ou dos proativos, da meia vida das moléculas, da afinidade e da permeabilidade para absorção pelos tecidos vegetais e, consequentemente, no efeito biológico dos tratamentos realizados (Petter et al., 2013; Cunha; Alves; Marques, 2017).

Os adjuvantes interferiram no pH dos inseticidas em relação aos inseticidas isolados. Esta ação é promovida pelos adjuvantes, com base na indicação de que, para a maioria dos produtos fitossanitários a sua maior eficácia ocorre quando as caldas estão com pH entre 3,5 e 6,5, ou seja, ácidos a ligeiramente ácidas (Kissmann, 1998; Petroff, 2005). Com relação os inseticidas químicos, os valores de pH para calda do inseticida isolado e associado ao óleo mineral, apresentaram valores pH na faixa próxima entre 7,0 e 9,0. Para a calda com lecitina de soja, houve redução do pH em uma faixa de 3,2 a 3,7, resultante do ácido propiônico presente no adjuvante (Spandoni, 2019).

No entanto, no caso do inseticida microbiológico o recomendado é um pH > 7,0, devido a viabilidade dos fungos presentes na formulação, sendo que, portanto, a acidificação pode prejudicar a eficácia do produto (Silva e Moscardi, 2002). Por outro lado, o pH, ou os íons disponíveis na solução, não são o único fator que interfere em características de produtos fitossanitários à base de microrganismos. A presença e disponibilidade de elementos nutricionais ou mesmo de inibidores de umidade e de contaminantes pode favorecer a viabilidade e a patogenicidade destes organismos (Santos et al., 2021). Desta forma, deve-se definir a utilização do adjuvante especificamente para cada inseticida a ser utilizado.

De modo geral, para o inseticida microbiológico, o pH da calda do produto isolado e da calda com a adição do óleo mineral variou de 10,8 a 6,4, conforme

os horários avaliados, após o preparo destas caldas, a faixa de pH foi acima de 8,0, considerada adequada para funcionamento do produto.



*Letras minúsculas comparam diferenças entre o fator adjuvante. Letras maiúscula comparam diferenças entre o fator inseticida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 1. Caracterização da calda quanto a pH até 24 horas após o preparo das caldas.

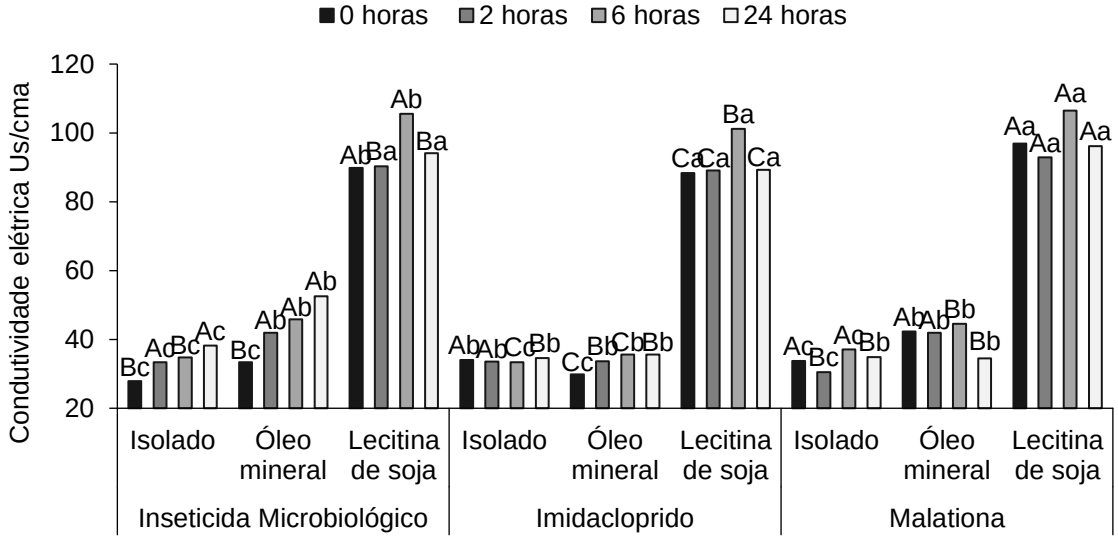
A condutividade elétrica das caldas de inseticidas isolados, variaram com passar dos horários (Figura 2). Para o microbiológico conforme os horários de 0 a 24 horas, houve um aumento 27,8 a 38,2. Para o imidacloprido manteve-se constante 34,01 a 33,37, já para o malationa houve oscilações de 30,5 a 37,1. Entre os três inseticidas sem mistura com adjuvante, o que apresentou menor condutividade elétrica no horário de 0 horas foi inseticida microbiológico, em 2 horas o malationa, em 6 horas o imidacloprido e 24 horas imidacloprido e malationa.

Já a condutividade da calda com o imidacloprido, conforme os horários, manteve-se constante. De forma geral, a condutividade isoladamente e com óleo mineral foram bem similares, diferente do que ocorreu com a calda com o adjuvante lecitina de soja, em que houve maiores valores de condutividade. Também pode ser observado para o malationa em que isoladamente e com óleo mineral obtiveram menores condutividade do que associado com lecitina de soja.

De acordo com os resultados, houve influência dos adjuvantes sobre as características químicas da calda. Os inseticidas associados com óleo mineral

mantiveram suas condutividades próximas à das caldas com os inseticidas isolados. Entretanto, para as caldas associada ao adjuvante lecitina de soja a condutividade foi maior, devido à acidificação decorrente, que faz com que a quantidade de íons disponíveis na calda seja elevada. Esse resultado pode indicar uma diminuição da eficácia dos produtos dada a maior reatividade da calda (Carlson e Burnside, 1984; Rheinheimer; Souza, 2000).

Então quando a condutividade de uma calda se encontra elevada, indica grandes quantidade de íons presentes, tal característica pode ser prejudicial como citada por alguns autores (Carlson e Burnside, 1984; Rheinheimer e Souza, 2000), que citam que o pH pode diminuir a eficácia biológica dos produtos.



*Letras minúsculas comparam diferenças entre o fator adjuvante. Letras maiúscula comparam diferenças entre o fator inseticida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 2. Caracterização da calda quanto a condutividade elétrica até 24 horas após o preparo das caldas.

As análises de tamanho de gotas foram realizadas em laboratório com temperatura média 23 °C e umidade do ar de 53%, na ausência de vento e de luminosidade externa.

Para o Dv0,9 os tamanhos das gotas ficaram entre 571 e 541 µm. Para o Dv0,5 as gotas ficaram entre 291 e 260 µm. E para o Dv0,1, os valores foram 123 e 115 µm (Figura 3).

Para a calda com os inseticidas isolados, não houve diferença no diâmetro volumétrico a 10% (Dv0,1), já os inseticidas associados com óleo mineral, o que apresentou maior diâmetro foi microbiológico com 121 µm. Para as caldas com lecitina de soja o maior Dv0,1 de gotas ocorreu para o imidacloprido com 123 µm. Já para os resultados relacionados a fator adjuvante, o inseticida microbiológico associado com óleo mineral proporcionou maior diâmetro com 121 µm, para o imidacloprido foi com lecitina de soja 123 µm, para malationa os adjuvantes não influenciaram no diâmetro de gota.

Para o diâmetro mediano volumétrico (DMV ou Dv0,5), a calda com os inseticidas isolados que apresentaram maiores DMV foi com imidacloprido (282 µm) e malationa (2895 µm). Para a calda com óleo mineral não houve diferença entre os diâmetros de gotas e para as caldas com lecitina de soja o maior diâmetro ocorreu para o imidacloprido com 291 µm. Para o fator adjuvante, com o inseticida microbiológico não houve diferença significativa de tamanho de gotas entre as caldas. Para o imidacloprido a lecitina de soja proporcionou maior diâmetro 291 µm. Para a calda com malationa, a lecitina reduziu tamanho da gota 270 µm.

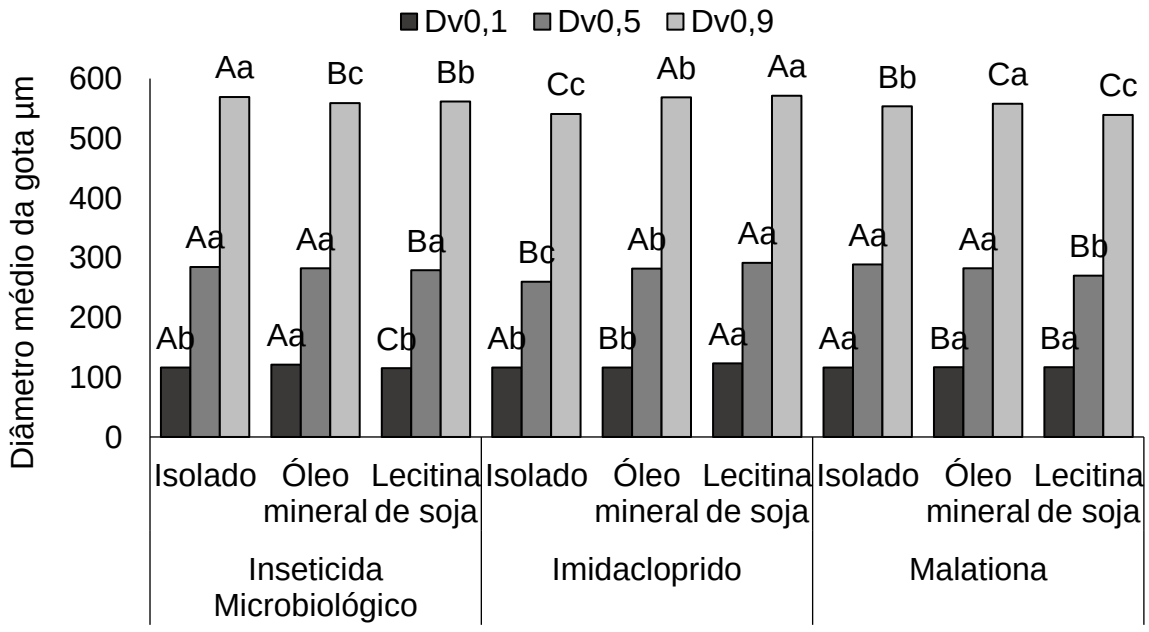
Para o diâmetro volumétrico a 90% (Dv0,9), o inseticida microbiológico apresentou maior (569,31 µm). Com relação os inseticidas associados com óleo mineral e lecitina de soja, o que apresentou maior DMV0,9 foi imidacloprido com 568,33 µm e 571,08 µm respectivamente em comparação com os demais inseticidas. Para o fator adjuvante, a calda com inseticida microbiológico associados aos dois adjuvantes reduziram o DMV0,9. Para imidacloprido lecitina de soja aumentou o seu DMV0,9 e para malationa a lecitina de soja aumentou o diâmetro.

O tamanho das gotas geradas na pulverização sofre maior interferência de acordo com modelo de ponta utilizada, pressão de trabalho empregada na pulverização e pela característica físico-química das caldas fitossanitárias (Ferreira, 2010, Baio et al., 2015).

A seleção do tamanho de gotas para a pulverização de mudas de citros em casa de vegetação para o controle do psilídeo apresenta algumas características peculiares. Por ser uma condição relativamente controlada, em geral, a umidade relativa mantém-se maior e mais constante que a verificada em ambiente aberto. Também se espera uma incidência menor de ventos. Neste

caso, são esperados menores graus de evaporação deriva das gotas. Como o psilídeo é um inseto pequeno, de grande mobilidade, que se multiplica rapidamente, que comumente se mantém frequente nas áreas de produção de mudas e que causa muitos danos, as pulverizações frequentes requerem estratégias de se tornarem mais econômicas. Como um dos fatores que interferem nesta característica é o volume de aplicação, a adoção de gotas menores pode ser uma estratégia para manter uma boa cobertura das plantas, nos locais onde o psilídeo ocorre, com a possibilidade de uma aplicação com volumes menores, uma vez que o ambiente é favorável para esta prática (maior umidade e baixa incidência de ventos).

A utilização de gotas muito grandes e de volumes excessivos, ainda causa o efeito colateral do escorrimento das caldas das folhas. Inicialmente este efeito pode parecer uma vantagem técnica por cobrir todo o limbo foliar, mas, por outro lado, gera um custo financeiro excessivo, que pode ser otimizado, e um impacto ambiental indesejado, pelo resíduo gerado. Sendo assim, a escolha adequada do tamanho da gota (ponta, pressão e líquido) pode tornar a aplicação mais econômica e mais segura (Baesso et al., 2014).



*Letras minúsculas comparam diferenças entre o fator adjuvante. Letras maiúscula comparam diferenças entre o fator inseticida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 3. Tamanho de gotas em µm (DV0,9, DV0,5 e DV0,1) analisado no Laser em função das tecnologias de aplicação.

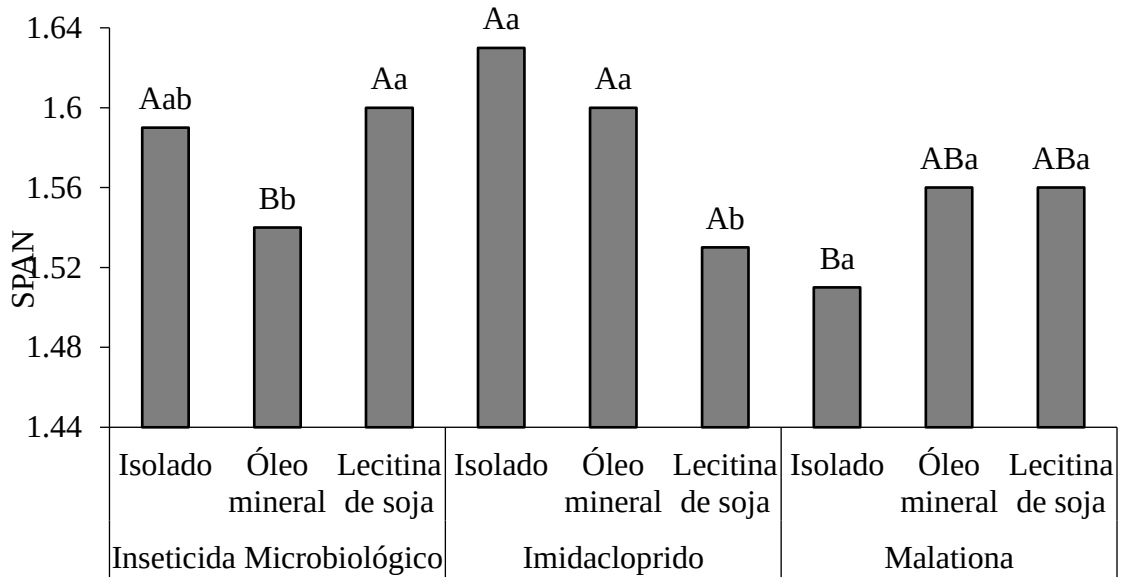
O coeficiente de uniformidade (Span), valor que representa a distribuição do tamanho das gotas em torno da mediana, sendo que, quando mais próximo de zero (0) mais uniforme a amostra é, ou seja, significa que as gotas produzidas são de tamanho mais próximo ao selecionado. Os valores verificados da avaliação dos tratamentos ficaram entre 1,51 e 1,63 (Figura 4).

Para as caldas com os inseticidas isolados, malationa foi o que apresentou menor valor de SPAN (1,51), para óleo mineral o inseticida que apresentou menor valor de SPAN foi inseticida microbiológico e o malationa com 1,54 e 1,51 respectivamente. Para as caldas com lecitina de soja, o inseticida imidacloprido foi o que apresentou menor valor (1,53). Em relação ao fator adjuvante, a calda com óleo mineral associado ao microbiológico apresentou o menor valor de SPAN (1,54). Para a calda com lecitina de soja o menor valor foi com o imidacloprido (1,53). Para as caldas com malationa não houve diferença de uniformidade dos tamanhos de gotas.

Variações na composição da calda interferem na uniformidade das gotas (Calore et al., 2015; Sijs e Bonn, 2020, Griesang et al., 2022). No entanto, a complexidade das combinações de soluções de pulverização, agravada pelas interações com a rugosidade e a forma do orifício do bocal de pulverização, gera diversos espectros de gotas (Griesang et al., 2022). Em outras palavras, para uma determinada composição de calda de pulverização, os tamanhos das gotas podem aumentar em função do modelo do ponta, enquanto para outro, podem diminuir (Costa et al., 2017). Variações de Span foram observadas entre as vazões, seguidas pelos modelos de pontas e, por fim, pelas composições de calda de pulverização (Griesang et al., 2022). Dentre as composições de calda, o fungicida (azoxystrobin + benzovindiflupir) pulverizado isoladamente apresentou o menor Span (1,32), com os demais não diferindo entre si (1,35 para Fung. + lecitina de soja e 1,36 para Fung. + óleo mineral), no entanto, o valor de Span para fungicida com óleo mineral foi menor do que as demais composições de calda e, neste caso, o modelo do ponta de pulverização influenciou menos o Span do que a composição da calda de pulverização (Griesang et al., 2022).

Para a calda com o inseticida microbiológico, apenas com o óleo mineral houve uma distribuição mais uniforme que os demais tratamentos. Para o imidacloprido, ambos os adjuvantes contribuíram para uma melhor uniformidade. Entretanto, para malationa o comportamento foi o inverso, pois os

dois adjuvantes proporcionaram maior valor de SPAN, portanto com menor uniformidade do tamanho das gotas da amostra.



*Letras minúsculas comparam diferenças entre o fator adjuvante. Letras maiúscula comparam diferenças entre o fator inseticida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

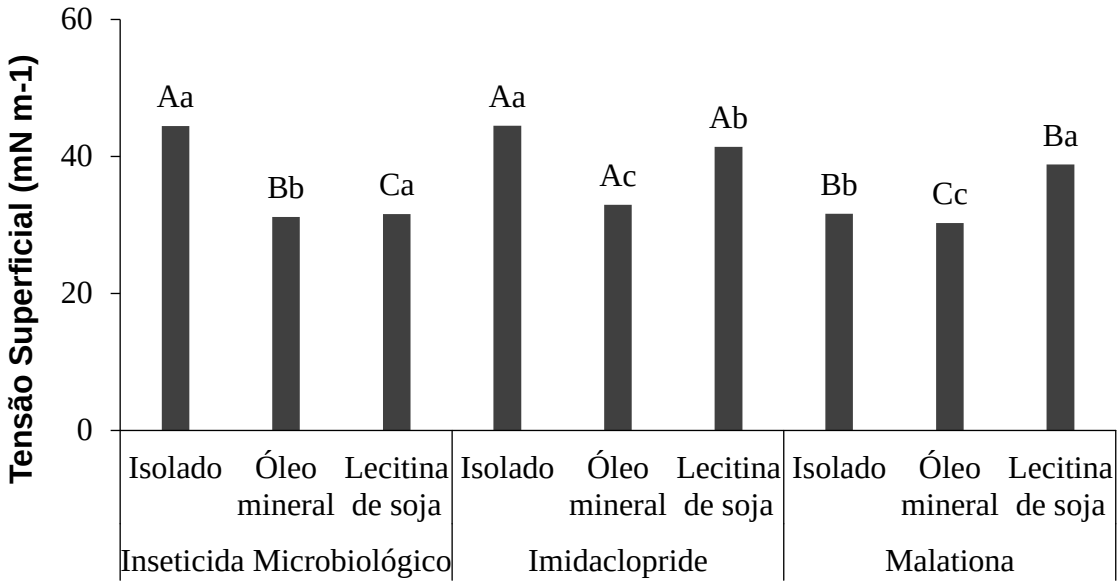
Figura 4. Caracterização das gotas por Span (Coeficiente de Uniformidade) de acordo com os inseticidas químico e biológico associado ou não com adjuvantes.

Em relação aos resultados de tensão superficial (Figura 5), para fator inseticida, as caldas com menores valores de tensão superficial foram para malationa isolado (31,63 mN m^{-1}), malationa com óleo mineral (30,30 mN m^{-1}) e microbiológico com lecitina de soja (31,61 mN m^{-1}).

Para o fator adjuvante, o que apresentou menor valor para os três inseticidas, foi óleo mineral (microbiológico = 31,15 mN m^{-1}, Imidacloprido = 32,94 mN m^{-1} e malationa = 30,30 mN m^{-1}).

Esse parâmetro é um dos mais influenciados pelos adjuvantes, sendo muito comum a inclusão destes produtos nos tanques dos pulverizadores com esta função, visando ajustes nos tamanhos das gotas, estabilidades das caldas e melhorias na cobertura dos alvos (Marubayashi et al., 2021; Santos et al., 2021; Griesang et al., 2022). De maneira geral, houve efeitos conforme esperado, exceto para a calda com o inseticida malationa isolado, que

apresentou melhor tensão superficial do que na associação à adjuvante lecitina de soja, provavelmente em decorrência com os adjuvantes próprios de sua formulação e da resultante da combinação destes com os presentes na formulação do adjuvante lecitina.



**Letras minúsculas comparam diferenças entre o fator adjuvante. Letras maiúscula comparam diferenças entre o fator inseticida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

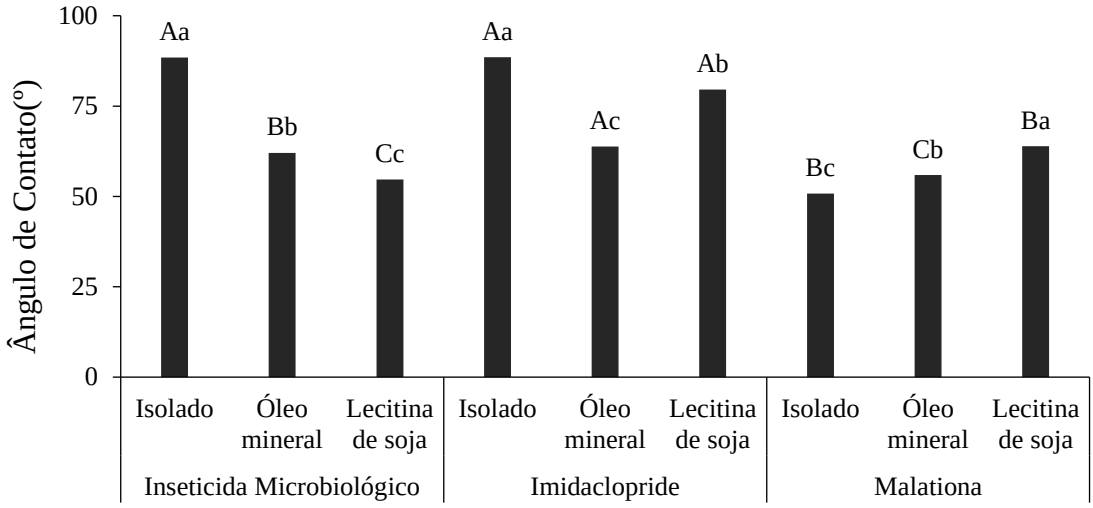
Figura 5. Valores médios de tensão superficial de gotas, em $mN.m^{-1}$, de caldas contendo inseticidas isolado ou em mistura com adjuvantes, referentes ao desdobramento entre a interação do fator inseticida com os adjuvantes.

Em relação ao ângulo de contato, para o fator inseticida, quando isolados e associados com óleo mineral malationa resultou nos menores valores com 50,8º e 55,9º, respectivamente. Quando associados a lecitina de soja o inseticida que apresentou menor ângulo foi o microbiológico (55,6º). Para o fator adjuvante, as maiores variações, para o microbiológico ocorreram com lecitina de soja (54,6º), para o imidacloprido associado ao óleo mineral (63,76º) e para o malationa isolado (50,8º) (Figura 6).

O ângulo pode ser influenciado pelas propriedades presentes na calda e pelas características de forma e de composição da superfície vegetal na qual as gotas se depositam (Iost e Raetano 2010; Yuan e Lee, 2013; Damak et al. 2016).

Nas caldas fitossanitárias aplicadas sobre plantas de citros, espera-se que o uso de adjuvantes proporcione maior espalhamento, visto que a cutícula das folhas de laranjeira é cerosa, comumente hidrofóbica (Oliveira et al., 2014). A adição de produtos com tensoativos poderá proporcionar maior espalhamento,

sendo ainda maior se houver afinidade com a superfície, resultando em maior cobertura (Iost e Raetano 2010). Em geral, observou-se nessa pesquisa que o ângulo de contato da calda foi reduzido para os inseticidas com adjuvantes. Para o microbiológico obteve-se uma diferença de 88,40º (isolado) para 62,00º (óleo mineral) e para imidaclopiorido 88,54º (isolado) para 63,76 (óleo mineral). Entretanto, para a calda com o inseticida malationa ocorreu inverso, assim como observado para a tensão superficial, sendo que isoladamente houve menor ângulo (50,8), em relação à associação aos adjuvantes (55,9º - óleo mineral; 63,9º - lecitina de soja). Isso pode se dever à potência dos adjuvantes já presentes na formulação do inseticida utilizado, bem como da combinação entre estes e os ingredientes presentes na composição dos adjuvantes (Figura 6).



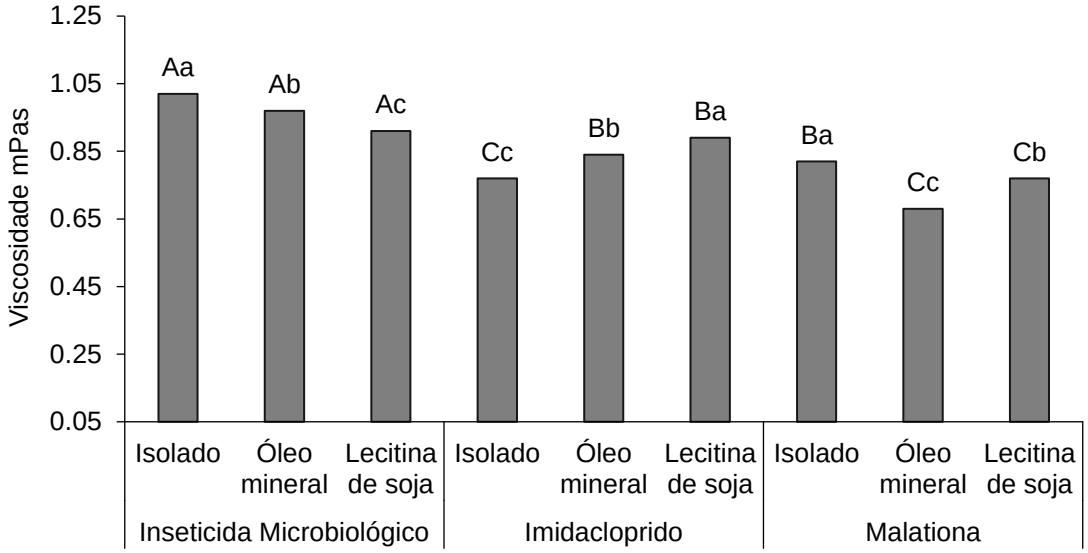
**Letras minúsculas comparam diferenças entre o fator adjuvante. Letras maiúscula comparam diferenças entre o fator inseticida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 6. Valores médios de ângulo de contato de gotas, de caldas contendo inseticidas isolado ou em mistura com adjuvantes, referentes ao desdobramento entre a interação do fator inseticida com os adjuvantes.

Para viscosidade das caldas, houve diferença para inseticidas. Os maiores valores são observados para o microbiológico com os adjuvantes e isolado. Para as caldas com adjuvantes, dentro de cada inseticida, o biológico apresentou maior viscosidade quando isolado (1,02 mPa.s), o imidacloprido, quando associado com o adjuvante à base de lecitina (0,89 mPa.s) e malationa para o inseticida isolado (0,82 mPa.s) (Figura 7).

Observa-se que os inseticidas microbiológico e malationa isolados apresentaram maiores viscosidade, ao contrário do imidacloprido que obteve

menor viscosidade. Para alguns os inseticidas, os adjuvantes podem aumentar a viscosidade da calda, principalmente a base de óleo mineral como nesse trabalho. Porém, para o microbiológico e malationa não houve esse aumento em comparação com inseticidas isolados. O aumento da viscosidade na calda pode ser uma característica interessante, visando proporcionar a redução de gotas mais finas, propensas a deslocamentos pelo vento, pois os líquidos com maior viscosidade necessitam de mais energia para serem fragmentados, resultando em gotas maiores (Contiero; Biffe; Catapan, 2018).



*Letras minúsculas comparam diferenças entre o fator adjuvante. Letras maiúscula comparam diferenças entre o fator inseticida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 7. Valores médios de viscosidades das caldas contendo inseticidas isolado ou em mistura com adjuvantes, referentes ao desdobramento entre a interação do fator inseticida com os adjuvantes

4. CONCLUSÃO

Adjuvantes interferiram nas características relativas à tecnologia de aplicação de caldas com inseticidas químicos e biológico.

Para a compatibilidade houve diferenças na formação de espuma e de grumos. Nas características físico-químicas, a adjuvante lecitina de soja reduziu drasticamente o pH das caldas, refletindo em um aumento da condutividade elétrica dos inseticidas, e o óleo mineral, reduziu o ângulo de contato e tensão superficial de todas as caldas, com maior espalhamento das gotas.

Para tamanho de gotas, houve interferência destacada dos adjuvantes para a uniformidade.

As caldas com adjuvantes resultaram em viscosidade menor para imadacloprido e microbiológico, e maior para malationa.

5. REFERÊNCIAS

ABNT (2014) **Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13875:2014. Agrotóxicos e afins – Avaliação de compatibilidade físico-química**. Rio de Janeiro: 12 p.

Baio FHR, Gabriel RRF, Camolese HS (2015) Alteração das propriedades físicoquímicas na aplicação contendo adjuvantes. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering,** 9:151-161.

Belasque JRJ, et al (2010) Controle do huanglongbing no estado de São Paulo, Brasil. **Citrus Research e Technology**, 31:53-64.

Bové, JM (2006) Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology**, 88:7-37.

Carlson KL, Burnside OC (1984) Comparative phytotoxicity of ghyphosate, SC-0224, SC-0545, and HOE-00661. **Weed Science**, 32: 841-884.

Calore RA, Ferreira MC, Rodrigues NEL, Otuka AK (2015) Distribution pattern, surface tension and contact angle of herbicides associated to adjuvants on spraying and control of Ipomea hederifolia under rainfall incidence. **Engenharia Agrícola** 35:756-768.

Chaim A, Castro VLS (2003) Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: Freire FCO, Cardoso JE, Viana FMP (Ed.) **Doenças de fruteiras tropicais de interesse agroindustrial.** Brasília : Embrapa Informação Tecnológica, p.571-624

Contiero, RL, Biffe DF, Catapan V (2018) Tecnologia de aplicação. Brandão Filho JUT, Freitas PSL, Berian LOS, Goto R **Hortaliças-frutos**. Maringá: Eduem, p. 401-449.

Costa LL, Silva HJPS, Almeida DP, Ferreira M da C, Pontes NC (2017) Droplet spectra and surface tension of spray solutions by biological insecticide and adjuvants. **Engenharia Agrícola** 37(2): 10.

Costa LL, Polanczyk RA (2019) Tecnologia de aplicação de caldas fitossanitárias, 1ed, p. 168. Jaboticabal : Funep. In: Decaro Junior ST **Dinâmica da calda fitossanitária no reservatório do pulverizador,** Jabticabal p.38-56.

Cunha JPAR, Alves GS, Marques RS (2017) Surface tension, hydrogen-ion potential and electrical conductivity in spray solutions of plant protection products and adjuvants. **Revista Ciência Agronômica**, 48:261-270.

Damak, M., Hyder, M. & Varanasi, K (2016) Enhancing droplet deposition through in-situ precipitation. **Nat Commun** 7:12560.

Etheridge RE, Womac AR, Mueller TC (1999) Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venturi-type drift reduction nozzles. **Weed Technology, Lawrence**, 13:765-70.

FAO (1997) Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Equipo de aplicación de pesticida para uso en agricutura**. Roma, 150p.

Ferreira PHU, Thiesen LV, Pelegrini G, Ramos MFT, Pinto MMD, Costa Ferreira M (2020) Physicochemical properties, droplet size and volatility of dicamba with herbicides and adjuvants on tank-mixture. **Scientific Reports** 10:18833.

Fundecitrus (2021) **Situação do greening no cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste de Minas Gerais em 2021 e ações de manejo**. Disponivel em: https://www.fundecitrus.com.br/pdf/palestras/LevantamentoZdeZgreeningZ2021Z-ZFundecitrus.pdf

Griesang F, Ferreira MDC, Spadoni ABD, Della Vechia JF, Santos RTDS, Santos CAM (2022). How do the droplet spectrum uniformity and spray volume of flat-fan nozzles influence fungicide spray distribution quality in soybeans?. **Engenharia Agrícola**, .42, n.2, e 20210122

Iost CAR, Raetano CG (2010) Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfactantes em superfícies artificiais e naturais. **Engenharia Agrícola**, 30:670-680.

Kalvnadi E, Mirmoayedi A, Alizadeh M, Pourian HR (2018) Sub-lethal concentrations of the entomopathogenic fungus, Beauveria bassiana increase fitness costs of Helicoverpa armigera (Lepidoptera: Noctuidae) offspring. **Journal of Invertebrate Pathology** 158: 32-42.

Kissmann KG (1998) Adjuvantes para caldas de produdos fitossanitários. In: Guedes JVC e Dornelles SB (Org) **tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de defesa fitossanitária; sociedade de agronomia de Santa Maria, P.39-51.

Lacey LA, Grzywacz D, Shapiro-Ilan DI, Frutos R, Brownbridge M, Goettel MS (2015) Insect pathogens as biological control agents: back to the future. **Journal of Invertebrate Pathology**, 132:1-41.

Maski D, Durairaj D (2010) Effects of electrode voltage, liquid flow rate, and liquid properties on spray chargeability of an air-assisted electrostaticinduction spray charging system. **Journal of Electrostatics**, 68: 152-158.

Matuo T (1990) **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 139p.

Naranjo SE, Legg JP (2010) Biology and ecology of Bemisia tabaci. In: Stansly PA, Naranjo, S. E. (eds) **Bemisia: bionomics and management of global pest.** Dordrecht: Springer**,** p. 105-107.

McClean APD, Schwars RE (1970) Greening ou doença manchada dos citros . **Phytophylactica** 2 : 177 – 194.

Miranda MP , Scapin MDS , Vizoni MC , Zanardi OZ , Eduardo WI e Volpe HXL (2021) Volumes de pulverização e freqüências de aplicações de inseticidas para suprimir populações de Diaphorina citri em pomares **. Crop Prot** 140 :105-406.

Oliveira D, Silva I, Rossi, AA (2014) Estudo anatômico foliar de espécies de Citrus com potencial medicinal. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, 10:32-90

Petroff, R (2017) **Water quality and pesticide performance.** Disponível em: <http://www.montana.edu/>.

Petter FA, Segate D, Almeida FA, Alcântara Neto F, Pacheco LP (2013) Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae**, 4:129-138.

Rheinheimer DS e Souza RO (2000) Condutividade elétrica e acidificação de águas usadas na aplicação de herbicidas no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural,** 30: 97-104.

Santos, CAM, Nascimento J, Gonçalves KC, Smaniotto G, Freitas Zechin L, Ferreira, CM, Polanczyk RA (2021) Compatibility of Bt biopesticides and adjuvants for Spodoptera frugiperda control. **Scientific Reports** 11.

Santos, CAMD, Santos RTDS, Della'Vechia JF, Griesang F, Polanczyk RA, Ferreira MDC (2019) Effect of addition of adjuvants on physical and chemical characteristics of Bt bioinsecticide mixture. **Scientific Reports** 9:12525.

Sijs R and Bonn D (2020) The effect of adjuvants on spray droplet size from hydraulic nozzles. **Pest Management Science** 76: 3487–3494.

Silva MTB, Moscardi F (2002) Field efficacy of the Nucleopoliedrovirus of pH, volume time of application and type of spray nozzle. **Neotropical Entomology** 31, 75–83.

Silva JF, Ferreira LR, Ferreira, FA (2007) Herbicidas: absorção, translocação, metabolismo, formulação e misturas. In: Silva, AA, Silva JF (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas.** p. 118-154.

Spadoni, ABD (2019) **Propriedades Físico-Químicas e Primórdios Da Perda de Estabilidade de Calda Inseticida em Misturas com Fungicidas e Adjuvantes.** Dissertação (Mestrado em entomologia), UNESP, Jaboticabal**.**

Sprankle P, Meggitt WF, Penner D (1975) Rapid inactivation of glyphosate in the soil. **Weed Science, Champaign**, 23:224-228.

Yuan Y and Lee TR (2013) Contact Angle and Wetting Properties. In: Bracco, G. and Holst, B., Eds., S**urface Science Techniques Springer Series, Surface Sciences,** Volume 51, Springer Berlin Heidelberg, Berlin and Heidelberg, 3-34.

Zanardi OZ, Bordini GP, Franco AA, Morais MR e Yamamoto PTA (2018) pulverização de inseticidas piretróides e neonicotinóides pode induzir surtos de Panonychus citri (Trombidiformes: Tetranychidae) em pomares de citros. **Exp Appl Acarol** 76 : 339 – 354.

CAPÍTULO 3 – ADJUVANTES NA CALDA DE INSETICIDAS QUÍMICO OU BIOLÓGICO INTERFERE NO CONTROLE DE *Diaphorina citri*?

RESUMO - O psilídeo *Diaphorina citri* é o inseto vetor que transmite bactéria associada ao greening, muitos produtores acabam utilizando de aplicações frequentes de inseticidas químicos. Decorrente disso, buscam-se formas menos onerosas para o controle do inseto e que apresentem menores riscos à saúde e ao ambiente. Neste contexto, alguns aspectos relativos à composição das caldas ainda carecem de conhecimento para uma indicação mais adequada quanto à manutenção da efetividade dos tratamentos com esses inimigos naturais. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar como os adjuvantes adicionados à calda de inseticidas químicos ou biológico interferem no controle de *D. citri*. Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente ao acaso com um fatorial de 3x3+1 sendo: A - inseticidas e B - adjuvantes, com um tratamento adicional (testemunha), em quatro repetições. Foram avaliados, cobertura (papel sensível: folha - adaxial e abaxial; posição de ramos), depósito de calda e sobrevivência dos psilídeos. Os dados foram submetidos à uma análise de variância, pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$). Observou-se que a partir da aplicação das caldas sobre o inseto, praticamente houve controle total. Quando aplicados em campo, o inseticida biológico resultou em sobrevivência alta. O inseticida malationa com todas as caldas proporcionou cobertura adaxial maior que 30%. Para os ramos e parte abaxial das folhas, não houve diferença, com porcentagem menor que 5% para parte abaxial. Os adjuvantes interferiram no controle de *Diaphorina citri*, devido às alterações na cobertura na parte adaxial, porém com efeito menor de variações das caldas no controle do psilídeo.

Palavras-chaves: controle biológico, citricultura, impacto ambiental, HLB, manejo integrado, psilídeo.

DOES THE INTERACTION BETWEEN BIOLOGICAL OR CHEMICAL INSECTICIDES AND ADJUVANTS INTERFERE IN THE CONTROL OF *Diaphorina citri*?

ABSTRACT – The psyllid *Diaphorina citri* is the insect vector that transmits bacteria associated with greening, many producers end up using frequent applications of chemical insecticides. As a result, less costly ways are sought to control the insect and pose less risks to health and the environment. In this context, some aspects related to the composition of the syrups still lack knowledge for a more adequate indication regarding the maintenance of the conduct of treatments with these natural enemies. Therefore, the objective of this work was to evaluate how the adjuvants added to the chemical or biological insecticide mixture interfere in the control of *D. citri.* The experiments were carried out in a completely randomized design with a factorial of 3x3+1: A - insecticides and B - adjuvants, with an additional treatment (control), in four replications. Coverage (sensitive paper: leaf - adaxial and abaxial; branch position), spray deposit and psyllid survival were protected. The data were examined with an analysis of variance, using the F test, and the averages detected using the Tukey test ($p<0.05$). Note that from the application of the syrup on the insect, there was practically total control. When applied in the field, the biological insecticide emerged in high survival. Malathion insecticide with all sprays had adaxial coverage greater than 30%. For the branches and abaxial part of the leaves, there was no difference, with a percentage lower than 5% for the abaxial part. The adjuvants interfered in the control of Diaphorina citri, due to the alterations in the cover in the adaxial part, however with smaller effect of variations of the mixtures in the control of the psyllid.

Keywords: biological control, citriculture, environmental impact, HLB, integrated management, psyllid

1. INTRODUÇÃO

O greening é uma doença muito importante na citricultura, associada a bactérias do gênero *Candidatus* Liberibacter, patógeno esse que tem como principal vetor *Diaphorina citri*, popularmente conhecido como psilídeo dos citros (Bové 2006; Chu et al. 2016). Como não há medidas curativas da doença, o manejo baseia-se na retirada das arvores com inóculos, platio de mudas sádias, manejo externo e uma das mais utilizada pelo produtor seria o controle do vetor, (Boina e Bloomquist, 2015).

Nesse contexto, para diminuir a transmissão da doença e manter viáveis e produtivos os cultivos, tem sido realizado o controle do psilídeo por aplicações frequentes e rigorosas de inseticidas químicos, comumente praticada pelos produtores (Thakore 2006; Van Lenteren; Bigler 2008; Preininger et al. 2018).

A busca por estratégias eficientes e sustentáveis para o controle do inseto requer conhecimento técnico, principalmente pelo emprego inadequado das tecnologias de aplicação, que podem refletir em problema de contaminação do ambiente e intoxicação humana, com perda de economia e de ineficiência do tratamento realizado (Minguela; Cunha, 2010; Antuniassi; Boller, 2011).

A utilização das técnicas adequadas para aplicação poderá favorecer cobertura e depósito de calda sobre o alvo, consideradas as características específicas dos produtos (Ferreira, 2003; Minguela; Cunha, 2010).

Os profissoinais tem buscado otimizar as aplicações dos inseticidas em campo, para o controle do psilídeo com menores volume de calda e quantidade de aplicações. Uma forma utilizada para isso é a adição de adjuvantes às caldas fitossanitárias no tanque do pulverizador. Os adjuvantes, se usados de forma adequada, contribuem para a eficiência e segurança da aplicação, pois modificam determinadas propriedades da calda, visando obter qualidade e economia na aplicação e diminuir possíveis perdas de recursos e falhas no controle, com efeitos ao homem e ao ambiente.

Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar como os adjuvantes adicionados à calda de inseticidas químicos ou biológico interferem no controle de *D. citri*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente foi conduzido um experimento em torre de Potter para selecionar os inseticidas com ação mais lenta e mais rápida e avaliar o efeito do inseticida biológico na mortalidade dos insetos.

Posteriormente foi realizada pulverização dos tratamentos em mudas de laranjeira Valência, a fim de avaliar os efeitos dos adjuvantes nas caldas com os inseticidas biológico e químico no controle de *D. citri*, em casa de vegetação.

2.1. Experimento em torre de Potter

O delineamento adotado no experimento foi o inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 6x3+1 tratamento adicional (Tabela 1).

O fator A corresponde aos inseticidas I-imidacloprido (Provado 200 SC®, Suspensão Concentrada SC, Bayer S.A.), M-malationa (Malathion CCAB 1000®, Concentrado Emulsionável EC, Ningbo Sunjoy Agroscience CO., .LTD.), IM-Inseticida microbiológico (Challenger®, Suspensão Concentrada SC, Koppert do Brasil holding Ltda.), D-dimetoato (Dimexon®, Concentrado Emulsionável EC, FMC Química do Brasil Ltda.), BC-Abamectina + Ciantraniliprole (Minecto®, Suspensão Concentrada SC, Syngenta Crop Protection, LLC), T-tiametoxam (Actara® 250, grânulos dispersíveis WG, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda) e o fator B são tipos de adjuvantes: LS-lecitina de soja (LI 700® - formulação em emulsão de óleo em água, Fortgreen) OM-óleo mineral (Assist®, Concentrado Emulsionável - EC BASF S.A.) (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos compostos por inseticidas químico e biológico, associados ou não a adjuvantes, empregados para avaliar o controle do psilídeo nas mudas de laranjeira Valência. Jaboticabal, 2022.

Ingrediente ativo	Abreviações	Dose /100L
cepa *cordyceps fumosorosea*	IM	400 mL
cepa *cordyceps fumosorosea* + Óleo mineral	IM+OM	400 mL + 1,0-2,0L
cepa *cordyceps fumosorosea* + Lecitina de soja	IM+LS	400 mL + 500 mL/0

Imidacloprido	I	20 mL
Imidacloprido + Óleo Mineral	I+OM	20 mL + 1,0-2,0L
Imidacloprido + Lecitina de soja	I+LS	20 mL + 500 mL
Malationa	M	150mL
Malationa + Óleo mineral	M+OM	150mL+ 1,0-2,0L
Malationa + Lecitina de soja	M+LS	150mL+500 mL
ciantraniliprole + abamectina	CA	500 mL
ciantraniliprole + abamectina+ Óleo Mineral	CA+OM	500 mL+ 1,0-2,0L
ciantraniliprole + abamectina + Lecitina de soja	CA+LS	500 mL+ 500 mL
Dimetoato	D	100 mL
Dimetoato + Óleo Mineral	D+OM	100 mL+ 1,0-2,0L
Dimetoato + Lecitina de soja	D+LS	100 mL+ 500mL
Tiaametoxam	T	1,5 kg
Tiametoxam + Óleo Mineral	T+OL	1,5 kg + 1,0-2,0L
Tiametoxam + Lecitina de soja	T+LS	1,5 kg + 500mL

O experimento foi realizado com folhas de laranjeira Valência, em que foram retirados discos de 2,25 cm de diâmetro confeccionadas com auxílio de um vazador de metal a partir das folhas. Os discos foram colocados em potes de plásticos com algodão hidrófilo umedecido em água a fim de manter a turgescência das folhas, sobre esses potes foram cobertos com pedaços de voile por cima e infestado com 10 psilídeos que foram doados da Fundecitros, esse revestimento permitiu que houvesse a aplicação das caldas sobre os insetos dentro do pote.

A combinação dos fatores totalizou dezenove tratamentos com 4 repetições. Dentro de cada pote com os discos de folhas, foram colocados 10 Adultos. Esses recipientes receberam as pulverizações com auxílio da torre de Potter (Burkard Manufacturing, Rickmansworth, Herts, Reino Unido) calibrada a 34,5 kPa, utilizando um volume de 2 mL de calda em cada repetição. Os potes com psilídeos foram mantidos em câmara climatizada. Avaliações de mortalidade foram realizadas diariamente por 14 dias, contabilizando-se o número de insetos vivos e presos na barreira de algodão. O intuito dessa etapa foi selecionar os inseticidas com ação mais rápida e com ação mais lenta para ser utilizado na etapa de aplicação sobre as mudas, além do efeito do biológico aplicado sobre o inseto.

2.2. Aplicação sobre mudas de laranjeira em casa vegetação

A pulverização dos tratamentos no experimento foi realizada em mudas de laranjeira Valência em condições de casa de vegetação. O arranjo experimental empregado foi em delineamento inteiramente ao acaso, em um esquema fatorial de 3x3+1 em que o fator A corresponde por três inseticidas, (dois químicos e um biológico) e fator B dois adjuvantes e os inseticidas isoladamente, mais um fator adicional como testemunha, com infestação dos psilídeos, mas sem aplicação (Tabela 2). Os experimentos ocorrerem em duplicata para maior robustez dos dados obtidos.

A escolha dos inseticidas químicos foi baseada nos comumente utilizados na citricultura para o controle do psilídeoe selecionado a partir do teste da torre de Potter. Foram utilizados os seguintes produtos: inseticida microbiológico a base de fungo *Cordiceps fumosorosea* cepa ESALQ 1296 registrado para o controle do psilídeo (Challenger®, Suspensão Concentrada SC, Koppert do Brasil holding ltda), o inseticida a base de imidacloprido (Provado 200 SC®, Suspensão Concentrada SC, Bayer S.A.) e outro inseticida é base de malationa (Malathion CCAB 1000®, Concentrado Emulsionável (EC), Ningbo Sunjoy Agroscience CO., LTD). Os adjuvantes foram: a base de lecitina de soja e ácido propiônico (LI 700® - Emulsão de óleo em água de lecitina de soja, Fortgreen); e o adjuvante e inseticida e acaricida de contato, do grupo químico hidrocarbonetos alifáticos (Assist®, Concentrado Emulsionável - EC BASF S.A.). Também foram avaliadas cobertura (face adaxial, face abaxial e ramos), depósito de calda fitossanitária e taxa de sobrevivência dos insetos.

Tabela 2. Tratamentos compostos por inseticidas químico e biológico, associados ou não a adjuvantes, empregados para avaliar o controle do psilídeo nas mudas de laranjeira Valência. Jaboticabal, 2022.

Ingrediente ativo	Abreviações	Dose / 100 L
Testemunha	T	-
Inseticida Microbilogico (Cepa *cordyceps fumosorosea*)	IM	400 mL
Inseticida Microbilogico (Cepa *cordyceps fumosorosea*) + Óleo mineral	IM+OM	400 mL+ 1,0-2,0L
Inseticida Microbilogico (*cordyceps fumosorosea*) + Lecitina de soja	IM+LS	400 mL+ 500 mL
Imidacloprido	I	20 mL
Imidacloprido + Óleo Mineral	I+OM	20 mL + 1,0-2,0L

Imidacloprido + Lecitina de soja	I+LS	20 mL + 500 mL
Malationa	M	150mL
Malationa + Óleo mineral	M+OM	150mL+ 1,0-2,0L
Malationa + Óleo mineral	M+LS	150mL+ 500 mL

2.2.1. Avaliação da taxa de sobrevivência dos psilídeos

Os insetos foram provenientes da empresa Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) criados em plantas de murta [*Murraya paniculata* (L.)] mantidas em casa de vegetação, em gaiolas confeccionadas com tecido voile (Skelley; Hoy 2004). As plantas de laranjeira foram espaçadas a 0,20 x 0,20 m, semelhante a um viveiro, e em seguida os tratamentos foram tratados com um pulverizador costal com motor elétrico equipado com barra contendo duas pontas do modelo TXA 8002 (Teejet, 2019), na pressão de 4 bar em uma velocidade de 1,03 m/s. Foi utilizado um volume de calda equivalente a 400 L/ha^{-1}, sobre as mudas de laranjeira Valência.

As condições meteorológicas foram monitoradas por termohigrômetro digital, que registra as temperaturas e umidades relativas e por anemômetro digital, que registra as velocidades do vento (Tabela 3). Após a aplicação foram liberados 10 adultos de *D. citri* por planta em gaiolas de tecido voile (Figura 1), sendo que cada planta compôs uma repetição. Foram realizadas avaliações diárias, durante 21 dias após a aplicação, contabilizando-se o número de psilídeos vivos, com total acumulado após cada avaliação.

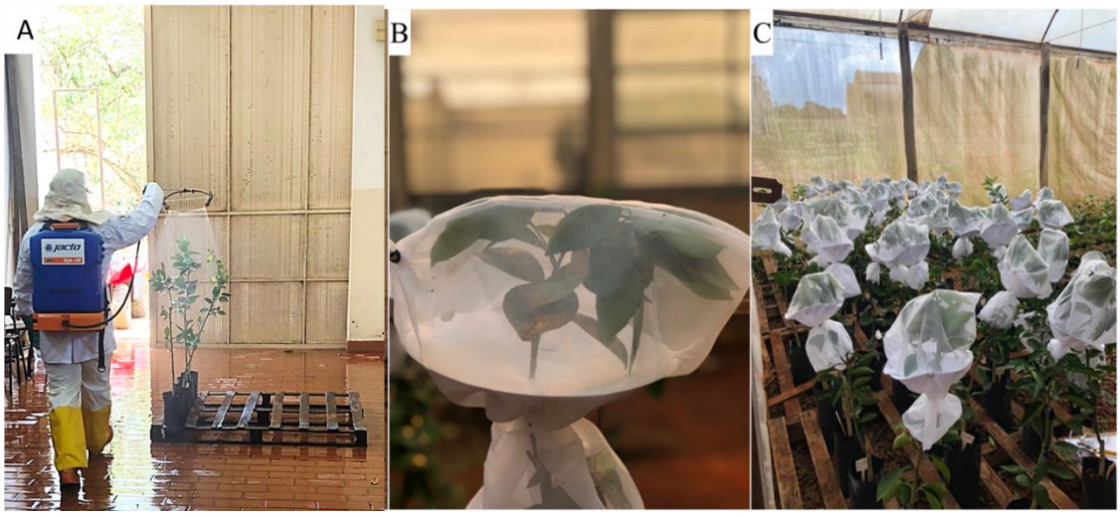


Figura 1. Aplicação realizada com pulverizador costal elétrico equipado com

barra contendo duas pontas (A), após aplicação foi confeccionada as gaiolas com voile (B), mudas com psilídeo confinados (C).

Fonte: Autoria, 2022

Tabela 3. Condições meteorológicas de tempos das duas aplicações realizadas nas mudas de laranjeira Valência.

Aplicações	Tratamentos	Tempo (hora)	Temp.[1] (°C)	UR[2] (%)	Vento[3] (m s^{-1})
1º	IM	09:32	23,1	83	0
	I	10:06	24,7	83	0
	M	10:21	25,1	82	0
	IM+OM	10:26	23,8	83	0
	I+OM	10:35	25,7	80	0
	M+OM	10:45	25,8	80	0
	IM+LS	10:57	24,3	82	0
	I+LS	11:11	26	79	0
	M+LS	11:19	26,1	79	0
2º	IM	08:03	22,8	68	0
	I	08:45	23,2	68	0
	M	09:15	23,6	67	0
	IM+OM	09:24	23,3	67	0
	I+OM	09:37	24,1	64	0
	M+OM	09:45	24,3	66	0
	IM+LS	09:59	23,5	64	0
	I+LS	10:09	24,4	63	0
	M+LS	10:15	24,5	65	0

1Temp. = temperatura; 2UR = umidade relativa; 3Vento = velocidade média do vento.

2.2.2. Avaliação da cobertura das mudas pela pulverização

Foram utilizados papeis hidrossensíveis para determinação da cobertura de caldas sobre a mudas de laranjeira Valência, esses papéis foram distribuídos no dossel superior das mudas de citros presos com clipes metálicos, nas faces adaxial e abaxial das folhas e em ramos. Tais regiões foram selecionadas pelo fato do psilídeo manterem-se nessas áreas das plantas, com brotações novas (Figura 1). Após as pulverizações, os cartões de papel hidrossensível foram recolhidos sendo retirados imediatamente após a secagem da calda pulverizada e colocados em sacos de papel para não entrar em contato com umidade da

parte externa. Logo após as aplicações, os papéis hidrossensíveis foram levados ao laboratório para serem digitalizados por escâner de mesa, para a quantificação do percentual de área coberta pelas gotas em relação a área total do papel hidrossensível, em software SisCob v1.0 (Jorge; Silva 2009).

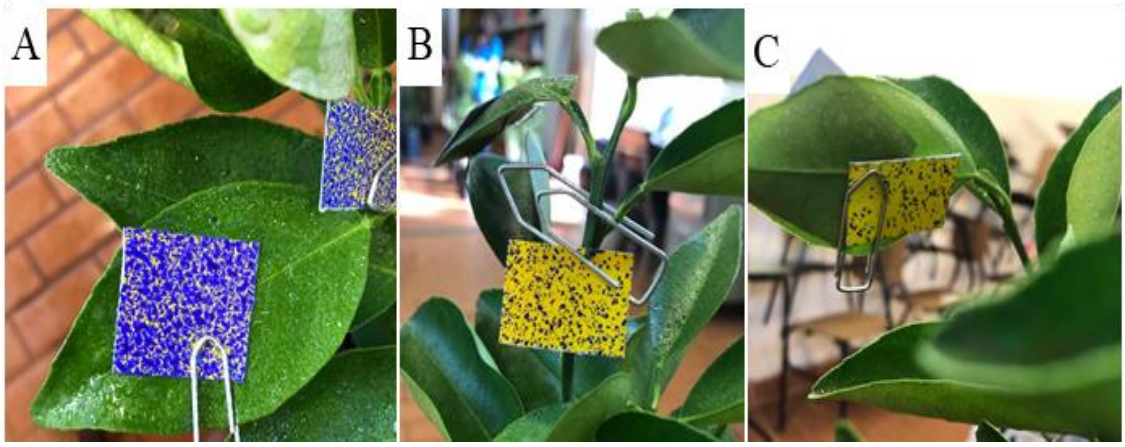


Figura 2. Cobertura em papel sensível na face adaxial (A), cobertura em papel sensível na parte dos ramos novos (B), cobertura em papel sensível na face abaxial (C). Fonte: Autoria, 2022

2.2.3. Avaliação do depósito de calda

A análise de depósito dos inseticidas químicos e biológico foi realizada em separado, visto que o marcador utilizado nas caldas de químico, poderia inviabilizar os fungos da calda do bioinseticida. Para determinação do depósito químico dos produtos, nas caldas preparadas foram adicionadas um marcador de sulfato de manganês (Di Oliveira 2008; Costa et al. 2015). Após a aplicação das caldas dos tratamentos nas mudas, esperou-se 60 minutos para secagem, e coletaram-se as folhas (duas por repetição) na parte superior das mudas. Essas folhas foram postas em sacos de plástico devidamente identificados e levadas ao laboratório.

Nos sacos de plástico com as folhas foi adicionado 100 mL de solução de ácido clorídrico (HCl) 0,2 $mol.L^{-1}$, mantidas no ácido por 60 minutos para extração do marcador (Machado Neto, 2003). Após esse tempo, filtrou-se o conteúdo com papel filtro e o extrato foi utilizado para quantificação do íon metálico Mn^{2+} recuperado (ppm), em espectrofotômetro de absorção atômica.

As folhas foram secadas para medição da sua área, pelo método do integrador eletrônico de superfície (LI-Cor Portable, mod. LI-3000 A) que fornece a área foliar real (AFR), utilizada na correlação da quantidade de calda em função da área foliar específica (µL de calda cm^{-2} de folha).

Para os tratamentos com bioinsetcida foram retiradas duas folhas de cada repetição na parte superior de cada muda. Dessas folhas foram retirados discos foliares que foram acondicionados em tubos Falcon® de 10 mL, contendo água destilada e deionizada. Os tubos foram submetidos a agitador tipo vórtex (MOD. AP56 [rpm=2000]) e após agitação, foi retirada uma alíquota de 100 µL de solução para ser feita a contagem dos esporos pela câmera de Neubauer (Alves; Moino-Júnior; Almeida 1998), sob microscópio de contraste de fase (Carl zeiss-Axio LabA1) com aumento de 400 x.

Os resultados obtidos foram submetidos ao um teste de normalidade de resíduos (Shapiro-Wilk) e foram submetidos a testes de homocedasticidade (Levene), ambos ao nível de significância de 5%.

Os resultados dos experimentos em torre de Potter, cobertura, depósito e sobrevivência acumulada, foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$). O software usado para realizar a estatística análises foi o R Development Core Team.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os resultados referentes ao experimento na torre de Potter, houve diferença entre tratamento testemunha com 95% dos insetos vivos e a interação (todos os tratamentos juntos) com 19,4%. Houve interação entre inseticidas e adjuvantes (Tabela 3). O inseticida microbiológico resultou na maior quantidade de insetos vivos quando aplicado isoladamente (95%). Todos os inseticidas associados ao óleo mineral apresentaram menor número de insetos vivos (taxa de sobrevivência de 0%), com exceção para o tiametoxam que resultou em 75% de insetos vivos. Já quando associados com lecitina de soja, não houve diferença de sobrevivência entre os inseticidas.

Para o fator adjuvante dentro de cada produto, o inseticida a base do fungo associado aos adjuvantes resultou em 0% de insetos vivos. Para os outros inseticidas, não houve diferença quando aplicados isoladamente e com os adjuvantes, com exceção do tiametoxam que apresentou maior sobrevivência dos insetos quando associado com óleo mineral, portanto menor mortalidade dos insetos (75% de insetos vivos).

De forma geral, verificou-se que houve um efeito rápido na menor sobrevivência acumulada para todos os tratamentos, exceto para o inseticida microbiológico, quando aplicado isoladamente (95% dos insetos vivos) e para tiametoxam associado ao óleo mineral (75% dos insetos vivos). O produto microbiológico com adjuvantes resultou em maior mortalidade dos insetos, provavelmente pela adição do óleo mineral que tem ação fitossanitária para o controle de insetos e doenças. Essa associação pode ter potencializado a mortalidade dos insetos (Curran et al. 1999).

A eficácia desses ingredientes ativos como dimetoato, imidacloprido, tiametoxam e malationa já havia sido relatada para *D. citri* (Childers & Rogers, 2005 ; Qureshi & Stansly, 2010 ; Qureshi et al. 2014; Rehberg et al. 2020). De acordo com os resultados para o imadacloprido e tiametoxam**,** verificou-se que, isoladamente, esses ingredientes ativos resultaram em menor número de insetos vivos. Porém, em conjunto com os adjuvantes esse número reduziu. Esses tais ingredientes são inseticidas sistêmicos que podem ser aplicados via foliar e solo, com eficiência no controle de vários insetos sugadores, atuando no sistema nervoso central dos insetos, agindo como agonistas dos receptores nicotínicos da acetilcolina (nAChRs) (Li et al., 2018).

Esses dois inseticidas se destacam por serem sistêmicos, por conta do período de controle que podem chegar até 90 dias, diferente dos inseticidas de contato que apresentam um período de 7 a 28 dias, intervalo que depende das condições meteorológicas e estágio vegetativo. Então imidacloprido e tiametoxam são muito utilizados no controle *D. citri* em mudas e em pre-plantio (Sanches et al., 2009; Miranda et al., 2017).

De modo geral, houve resultados satisfatórios dos tratamentos. Dessa forma, foram selecionados os inseticidas com ação mais lenta e com ação mais rápida, sendo o imidaclopride e malationa, respectivamente.

Tabela 3. Porcentagem de insetos vivos em função das aplicações dos tratamentos em torre de Potter.

Testemunha %	Interação %	Tratamentos	Isolado %	Óleo Mineral %	Lecitina de soja %
95 A	19,4 B	IM	95 Aa	0 Bb	0 Ab
		I	5 Ba	15 Ba	15 Aa
		M	0 Ba	0 Ba	0 Aa
		D	0 Ba	0 Ba	0 Aa
		BC	0 Ba	0 Ba	0 Aa
		T	0 Bb	75 Aa	10 Ab
CV 91,1%					

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas, e maiúsculas nas colunas diferem entre si, pelo teste de Tukey (p>0,05). CV: coeficiente de variação.

Para o experimento com as mudas de laranja, a cobertura na face adaxial obtida com os inseticidas aplicados isoladamente, o imidacloprido resultou na maior porcentagem de cobertura superior a 85% (Figura 3). Para os inseticidas associados ao óleo mineral, a calda com o produto microbiológico foi a que resultou em maior cobertura (84,7%). Para os inseticidas associados a lecitina de soja, o microbiológico e o imidacloprido apresentaram as melhores coberturas com 83,5% e 79,6% respectivamente (Figura 3).

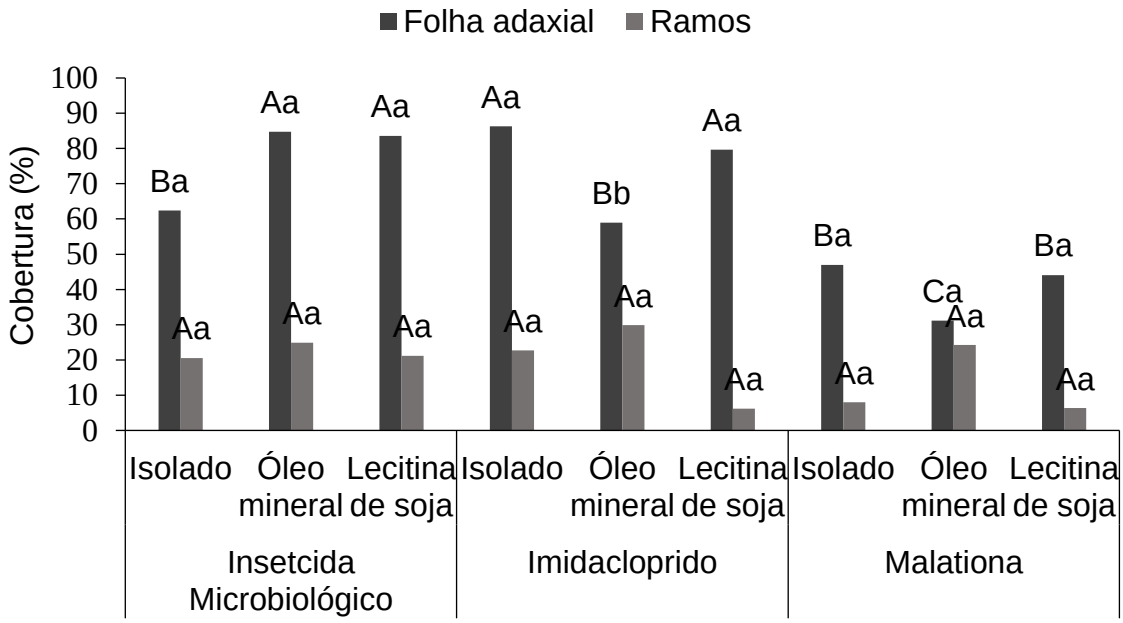
Para fator adjuvante, houve diferença na interação entre o adjuvante dentro de cada inseticida, para o inseticida microbiológico as melhores coberturas foram verificadas na presença dos dois adjuvantes com 84,7% (óleo mineral) e 83,5% (lecitina de soja). Para o imadacloprido foram verificadas quando isoladamente (86,3%) e com lecitina de soja (79,6%). Para inseticida malationa não houve diferença entre os adjuvantes (Figura 3).

Em relação à cobertura nos ramos, a interação entre o fator inseticida e adjuvantes (Figura 3), não houve diferença significativa. O tratamento que resultou em maior cobertura foi com a calda do inseticida imidacloprido associado ao óleo mineral (29,9%), o restante dos tratamentos encontra-se acima de 20%. As caldas que obtiveram menor cobertura foram para imidacloprido e malationa quando associadas com lecitina de soja (6,2 e 6,4%, respectivamente).

Segundo Fernandes et al. (2005) uma cobertura na faixa de 21 a 30% é suficiente para controlar ácaros em mudas de café, em que o alvo está mais localizado em ramos mais internos, quando há ausência de frutos.

Diferentemente, o psilídeo se localiza nos ramos e brotações novas (Gravena 2005; Barbara e Romagnoli 2019). Essa cobertura, no entanto, pode ser suficiente para controlar o psilídeo em mudas de citros. Os resultados de cobertura na face adaxial foram maiores que 30%.

Considerando uma aplicação realizada com boas práticas, a cobertura é influenciada, basicamente, pelo volume de aplicação, pelo fator de espalhamento das gotas, o tamanho das gotas, a taxa de recuperação, o tamanho da superfície que deve ser coberta, arquitetura da planta e condições meteorológicas (Courshee 1967; Nuyttens et al. 2007). Esses fatores, acrescidos da mobilidade dos organismos alvo e dos produtos na planta, ditarão a porcentagem de cobertura que deverá ser obtida em cada tratamento fitossanitário. No caso dos psilídeos, estes se localizam na parte externa da copa das plantas, onde estão brotações mais novas. Estes insetos, via de regra, também possuem mobilidade acentuada e intoxicam-se facilmente e fatalmente com a maioria dos inseticidas disponíveis para a aplicação em citros (Silva, 2011). Sendo assim, coberturas da ordem de 20% devem ser capazes de resultar em mortalidade suficiente deste inseto (Fernandes et al., 2005).



*Letras minúsculas comparam diferenças entre o fator adjuvante. Letras maiúscula comparam diferenças entre o fator inseticida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

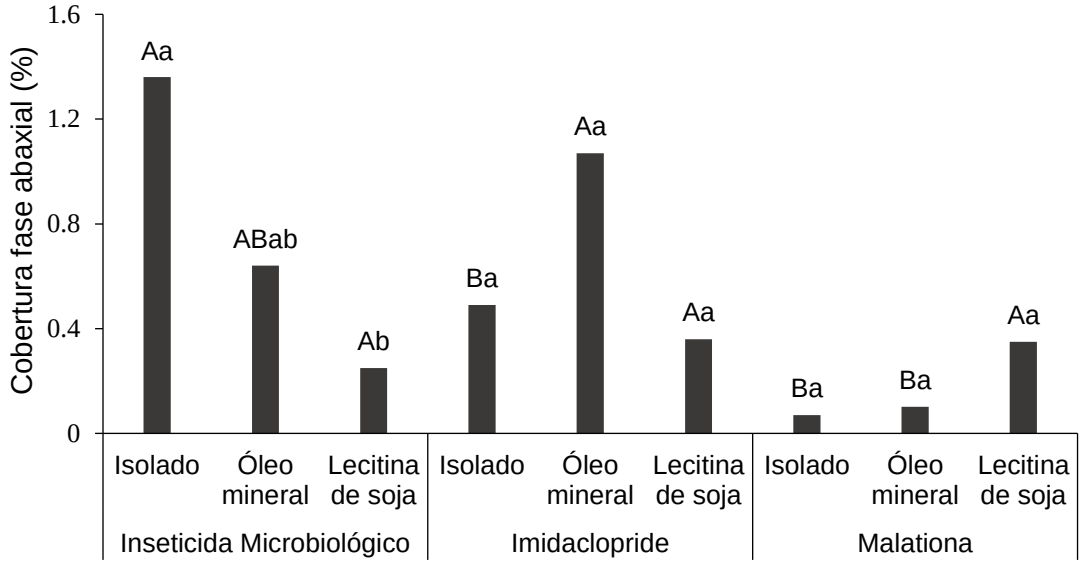
Figura 3. Porcentagem de cobertura na face adaxial das folhas e nos ramos novos das copas de mudas de laranjeira Valência.

Nos resultados de cobertura (Figura 4), a porcentagem de cobertura nessa face abaxial das folhas, pode ter comprometido o contato dos produtos com os insetos, onde os indivíduos permanecem mais. A porcentagem de cobertura variou de 0,07% a 1,36%, ou seja, muito menor do que se sugere necessário para o controle (Fernandes et al., 2005).

Dessa forma, o conhecimento sobre a concentração da maior parte da população do inseto nas regiões da planta, permitirá informar a melhor tecnologia de aplicação. No caso do psilídeo dos citros apresentam uma preferência em ramos e brotações novas, pela preferência das fêmeas em ovipositar nessas regiões, pricipalmnete brotos V1 e V2 e na parte abaxial das folhas pelo fato dessas regiões serem menos delgada facilitando na alimentação e (Wenninger & Hall, 2007).

Contudo, o interessante é que os produtos aplicados por técnicas e equipamentos adequados, devem chegar a essas partes da planta, sobretudo se o inseticida tem ação de contato, pois possíveis áreas não atingidas podem representar falhas no controle (Pelegrini, 2022). Portanto, é importante analisar a chegada da calda em regiões especificas, como realizado nesse estudo.

Da analise da cobertura dos ramos em relação a face adaxial, essas diminuíram drasticamente, ficando abaixo de 30%. Na face abaxial das folhas a cobertura foi menor que 2%. Tal fenômeno pode ter ocorrido pelo fato dessas caldas terem sido aplicadas horizontalmente como é comum em mudas em casa de vegetação, ou seja, a pulverização por cima da planta, sendo difícil de ser atingida a face abaxial das folhas. O direcionamento melhor da barra para que alcance essas regiões é importante, com conhecimento sobre a cobertura gerada, e também a cobertura nas diferentes estruturas da planta, pois interferem na eficácia do tratamento realizado.



*Letras minúsculas comparam diferenças entre o fator adjuvante. Letras maiúscula comparam diferenças entre o fator inseticida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 4. Porcentagem de cobertura na face abaxial das folhas de copas de mudas de laranjeira Valência.

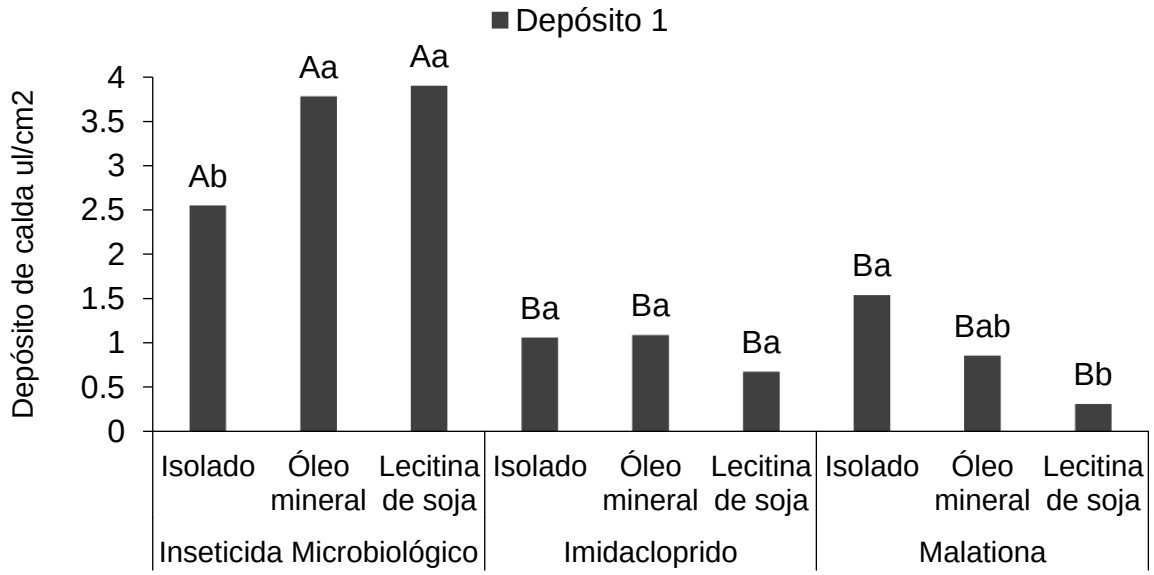
Da análise dos resultados de depósito de calda fitossanitária, houve diferença para a média dos tratamentos (1,76 µL/cm^2 e 0,74 µL/cm^2 respectivamente) em relação à testemunha (0,03 µL/cm^2 e 0,00 µL/cm^2 respectivamente) isso para duas aplicações (Figura 4). Para primeira aplicação, é possível observar que, ocorreu diferença entre o fator inseticida e adjuvantes (Figura 4). Os maiores valores de depósito foram para as caldas de inseticida microbiológico com 2,55 µL/cm^2 (isolado), 3,78 µL/cm^2 (óleo mineral) e 3,90 µL/cm^2 (lecitina de soja). Com relação ao fator adjuvante, o microbiológico apresentou maior depósito sobre a planta associados com dois adjuvantes 3,78 µL/cm^2 (óleo mineral) e 3,90 µL/cm^2 (lecitina de soja), para malationa com 1,06 µL/cm^2 (isolado) e 1,09 µL/cm^2 (óleo mineral), já para o imadacloprido não houve diferença significativa entre os adjuvantes.

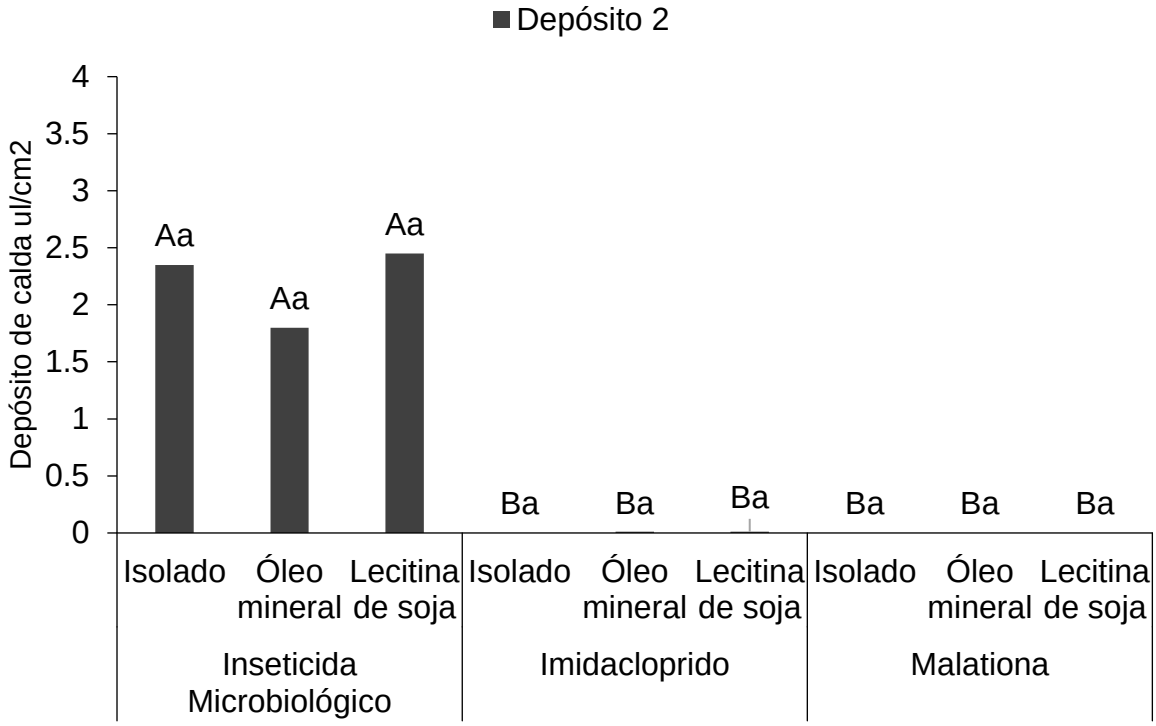
Para interação entre o fator inseticida e adjuvante, o inseticida microbiológico foi o que apresentou melhor depósito sobre as folhas 2,35 µL/cm^2 (isolado), 2,45 µL/cm^2 (óleo mineral) e 1,80 µL/cm^2 (lecitina de soja). Com relação fator adjuvante, não houve diferença significativa para nenhum dos inseticidas avaliados.

Observa-se nos resultados que o uso de adjuvantes contribuiu para depósitos maiores de calda, como foi verificado na primeira aplicação para o inseticida microbiológico. A adição de adjuvantes interfere nas propriedades físico-químicas da calda, como adesão e espalhamento das gotas por reduzir a tensão superficial e o ângulo de contato dessa gota formada na superfície, resultando em maior cobertura e retenção do ingrediente ativo (Azevedo e Castelani, 2013; Costa et al., 2017), colaborando para o controle do alvo.

Com relação a malationa, os efeitos foram diferentes. Para o adjuvante óleo mineral houve maiores valores de depósito, mas para o adjuvante à base de lecitina, houve menor valor, até mesmo em comparação o inseticida isolado. O uso do óleo em caldas fitossanitárias pode facilitar penetração na cutícula da planta, devido a redução da hidrólise de alguns produtos fitossanitários na água do tanque e redução da fotodecomposição (Durigan, 1993), por agressão ao tecido da cutícula, ou por afinidade ao tecido vegetal.

Um fator que pode influenciar na redução do depósito de uma calda sobre a planta é a redução drástica da tensão da gota que vai resultar em uma lâmina de calda mais delgada sobre a folha, após escorrimento da aplicação em volume alto, implicando em menor retenção e depósito sobre a planta (Melo 2019).





*Letras minúsculas comparam diferenças entre o fator adjuvante. Letras maiúscula comparam diferenças entre o fator inseticida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 4. Depósito de calda fitossanitária referente as duas aplicações em função das caldas de inseticidas associadas aos adjuvantes para controle do *Diaphorina citri* na primeira aplicação.

Os resultados obtidos nas duas aplicações foram semelhantes e permitiram avaliar os efeitos dos inseticidas associados aos adjuvantes no controle do psilídeo dos citros (Figura 5). Na primeira e segunda aplicação a testemunha resultou em taxa de sobrevivência maior (100%) em relação à média dos tratamentos com caldas inseticidas (54,2% e 50% respectivamente).

Para o fator inseticida as maiores taxas de sobrevivência dos insetos adultos foram verificadas nos tratamentos com produto microbiológico, associado com os dois adjuvantes e isoladamente em relação aos demais químicos (taxa de sobrevivência variou de 96 a 88 % de psilídeo vivos nos tratamentos com microbiológico), atribuída ao período lento de ação, que não resultou em controle eficiente para essas misturas. O tratamento que resultou no melhor controle foi com o inseticida malationa, na associação com o adjuvante lecitina de soja com máximo de 30% de insetos vivos (Figura 5).

Para o fator adjuvante, o único que obteve diferença entre os adjuvantes foi imidacloprido, que apresentou maior controle quando associado com óleo

mineral (32% de insetos vivos), quando aplicado isoladamente apresentou um média similar (38% de insetos vivos). Para os demais tratamentos não houve diferença entre os adjuvantes e inseticidas associados (Figura 5).

Para o fator inseticida na segunda aplicação, o melhor controle ocorreu para malationa, aplicado isolado (0% de sobrevivência). As maiores taxas de sobrevivência foram para o inseticida microbiológico (88 a 92%). Para os adjuvantes com cada inseticida, o que obteve diferença significativa foi o imidaclopride associado com dois adjuvantes, com uma taxa de sobrevivência de 44% com óleo mineral e 30% com lecitina de soja.

Analisado de uma forma geral, houve alta sobrevivência em todos os tratamentos com a calda inseticida, sendo ainda muito maior para o microbiológico. Diversos trabalhos atestam o potencial de *Cordyceps fumosorosea* para o controle de *D. citri*. Em estudo desenvolvido no México, o isolado I1 de *Cordyceps fumosorosea* foi capaz de controlar 100% em adultos (Orduño-Cruz et al., 2015). Nos Estados Unidos houve mortalidade de 100% dos insetos adultos com *B. bassiana* e, quanto *Cordyceps fumosorosea*, foram eficazes contra os psilídeos adultos por contato direto resultando numa mortalidade 64,4 e 73,8%, respectivamente, com mortalidade em semi-campo maiores que 61% (Ullah et al., 2018).

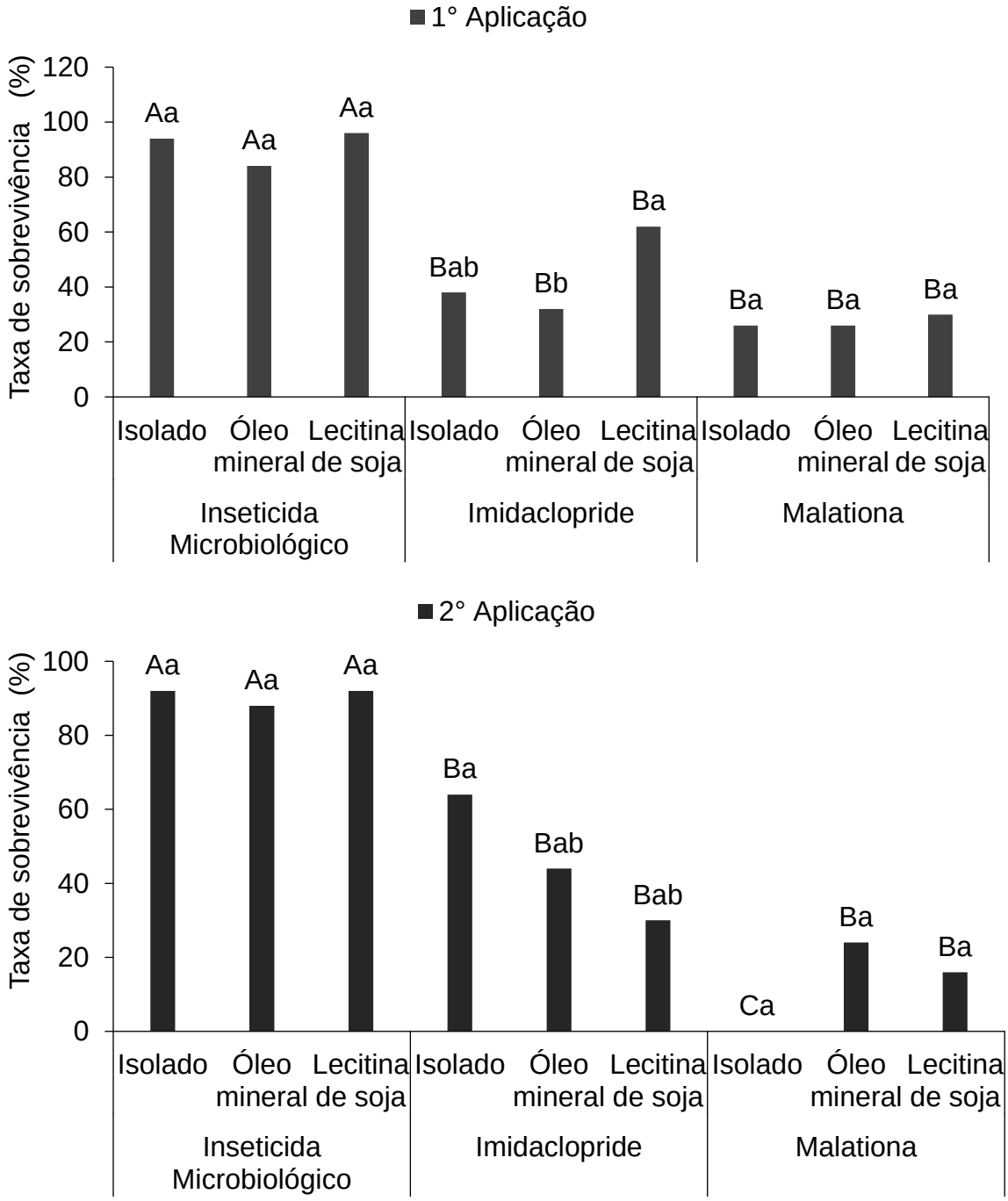
No entanto, a maioria dos estudos em questão, foram desenvolvidos em condições diferentes. Quando se faz aplicação de microrganismo em semi-campo ou campo, dentro da tecnologia de aplicação, existem requisitos para uma melhor aplicação desses organismos, uma questão muito importante é nicho favorável para se obter sucesso no controle biológico.

Requisitos que devem ser levados em consideração para aplicação de biológicos, é o pH da calda, sendo recomendado para o fungo valor em torno de um 7,0 (Silva e Moscardi 2002). Caldas preparadas com inseticida microbiológico isolado apresenta pH em média de 7,68, com óleo mineral 7,55, e com lecitina de soja 3,90. Obviamente, a associação com esse último adjuvante poderia inviabilizar os conídios. Deve-se saber se mesmo usando um adjuvante acidificante poderia selecionar conídios e aplicar os mais resistentes em campo e obter um bom controle. Santos (2021), misturou o composto lecitina e ácido propiônico com biopesticida à base de *Bacillus thuringiensis* e obteve um efeito aditivo, com maior crescimento vegetativo do bioinseticida.

Sobre o período desde a preparação até aplicação de caldas de bioprodutos, a temperatura da calda de aplicação varia quando se tem alta incidência de raios UV (Ausique et al. 2017) e com o próprio funcionamento do equipamento (Guimarães et al., 2004). Ausique et al. (2017) relata que fatores ambientais afetaram fortemente a esporulação dos fungos. Porém, obteve um nível de mortalidade satisfatório. Os fungos entopatogênicos apresentaram boa esporulação em umidades altas neste trabalho, sendo que no momento da aplicação a umidade relativa variou de 83% a 63% (AUBERT 1987).

As condições meteorológicas durante aplicação foram favoráveis. Entretanto, o controle foi baixo. Tal fato pode ter sido devido à massa de conídios sobre as mudas não ser aplicada diretamente sobre o inseto, portanto, sem penetração favorecida no corpo do psilídeo, prejudicando a colonização e morte dos insetos (Arnosti et al. 2016).

No presente trabalho, os insetos foram infestados após duas horas da aplicação realizada sobre as mudas e não diretamente sobre o inseto. Em que o ambiente foi favorável e houve uma boa cobertura adaxial das folhas, o contato não foi obrigatório e a posição de preferência dos insetos (face abaxial das folhas), não recebeu boa cobertura. À vista disso, teoricamente, quando os psilídeos foram infestados, em algum momento eles poderiam entrar em contato com o produto, por exemplo, quando fossem se alimentar. Mas como o local onde os psilídeos se alimentam preferencialmente é a face abaxial das folhas e ramos novos e, pelos resultados da presenta pesquisa, a cobertura nessa parte da planta foi abaixo 2%, o contato e a infecção pelos fungos pode não ter sido suficiente (Paiva 2009; Parra et al. 2010). Em plantas tratadas com inseticida sistêmicos e de contato o comportamento alimentar do psilídeo pode mudar em diferentes modos (Miranda et al., 2011). Para os sistêmicos os insetos realizam ao menos uma salivação no floema antes de migrar ou morrer. Para inseticidas de contato o inseto consegue identificar que a planta está tratada e muitas vezes não realiza provas (Miranda et al., 2011).



*Letras minúsculas comparam diferenças entre o fator adjuvante. Letras maiúscula comparam diferenças entre o fator inseticida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 5. Taxa de sobrevivência de adultos de *D. citri* em função da aplicação das caldas de químico e biológico associados com adjuvantes, após 21 dias de avaliação (1º e 2º aplicação).

4. CONCLUSÃO

Portanto, conclui-se que a adição de adjuvantes interferiu no controle de *Diaphorina citri*, devido às alterações na cobertura, sobretudo na face adaxial e na complementaridade de efeito inseticida do adjuvante a base de óleo mineral junto ao produto biológico.

Nas regiões menos expostas na planta, como na parte abaxial das folhas e nos ramos, dados a pouca cobertura e depósito de calda, houve pouca interferência das variações de calda no controle do inseto.

O inseticida microbiológico mesmo com maiores coberturas e deposito associados ao adjuvantes, não foi capaz de controlar o inseto, diferente dos restantes do inseticidas.

5. REFERÊNCIAS

Aubert B (1987) Trioza crytreae Del Guercio and Diaphorina citri Kuwayama (Homoptera: Psyllidae), the two vectors of citrus greening disease: biological control and possible control strategies. **Fruits,** 42:149-162.

Alves SB, Moino-Júnior A, Almeida J, EM (1998) Phytosanitary products and entomopathogens. In: Alves, SB (Eds). **Microbial insect control**. p. 217-238.

Andrade DJ, Ferreira MC, Martinelli NM (2014) **Aplicação de produtos fitossanitários e calibração de pulverizadores para a cultura dos citros.** 1ª ed. Jaboticabal. p 245-265.

Arnosti A, Delalibera JrI, Conceschi MR, Travaglini RV, Camargo-Mathias MI (2016) Mapeamento morfológico do tegumento de fêmeas adultas de Diaphorina citri Kuwayama, visando o desenvolvimento de estratégias de controle. **International Journal of Advance Agricultural Research** 3: 57-64.

Antuniassi UR, Boller W (2011) **Tecnologia de aplicação para culturas anuais.** Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 279p.

Azevedo L, Castelani P (2013). **Agricultural Adjuvants for Cfrop Protection**. 1 ed. Rio de Janeiro: Imos Gráfica Editora, v. 01, 236p.

Barbara G e Romagnoli MJ (2019). Sazonalidade dos principais ácaros na citricultura de uma fazenda localizada no município de Santa Fé Do Sul/SP. **Agrarian Academy**, *6*(11).

Bale, J.S., Van Lenteren, J.C., Bigler, F., (2008) Biological control and sustainable food production. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences** 363:761–776.

Bové JM (2006) “Huanglongbing: A Destructive, Newly-Emerging, Century-Old Disease Of Citrus.” **Journal of Plant Pathology**, 88:7–37.

Childers CC e Rogers ME (2005) Controle químico e abordagens de manejo do psilídeo cítrico asiático, Diaphorina citri Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) em citros da Flórida. **Proceedings Florida State Horticultural Society**, 118:49-53 .

Chu CC, Gill TA, Hoffmann M, Pelz-Stelinski KS (2016) Inter-Population Variability Of Endosymbiont Densities In The Asian Citrus Psyllid (Diaphorina Citri Kuwayama). **Microbial Ecology,** 71: 999-1007.

Costa LL, Ferreira MC, Campos HBN, Carvalho GGF, Barbosa JC (2015) The mixture volume sprayed by hidraulic and centrifugal energy nozzle for the controlo of Asian soybeans rust. **Acta Scientiarum**, v. 37, n. 4, p. 425-433.

Costa LL, Silva HJPS, Almeida DP, Ferreira MC, Pontes NC (2017). Droplet spectra and surface tension of spray solutions by biological insecticide and adjuvants. **Engenharia Agrícola**, 37: 292-301.

Courshee RJ (1967) Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D. C. (Ed.) Fungicide: an advanced treatise. New York: **Academic Press**, p. 239-86.

Curran SW, Mcglamery MD, Liebl RA, and Lingenfelter DD (1999) Adjuvantes for enhancong herbicide performance. Agronomy Facts 37. **Pern State college of Agriultural Sciences.** P1-5.

DI Oliveira JRG (2008) **Cobertura da cultura da soja e deposição de inseticida aplicado com e sem adjuvante e diferentes equipamentos e volumes de calda**. 84 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Santos, CAM, Nascimento J, Gonçalves KC, Smaniotto G, Freitas Zechin L, Ferreira, CM, Polanczyk RA (2021) Compatibility of Bt biopesticides and adjuvants for Spodoptera frugiperda control. **Scientific Reports** 11:45-71

Durigan JC, Correia NM (1993) **Efeitos de adjuvantes na aplicação e eficácia dos herbicidas. Jaboticaba**l: Funep, 43p.

Ferreira, M.C (2003) **Caracterização da cobertura de pulverização necessária para controle do ácaro Brevipalpus phoenicis (G., 1939) em citros**. 2003. 64 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

Fernandes AP, Ferreira MC, Martinelli NM (2005) Mortalidade do ácaro *Brevipalpus phoenicis* em função da cobertura de pulverização de acaricidas, com e sem adjuvantes, em mudas de café. **Brazilian journal of agriculture - revista de agricultura.** P. 173-187.

Gravena S (2005) **Manual prático de manejo ecológico de pragas dos citros.** Jaboticabal: Gravena**.** 372 p

Guimarães, CDO., Correia, A. D. C. B., & Ferreira, M. D. C. (2004). Pressão de aplicação com pulverizador de barra e eficiência de bioinseticidas fúngicos comerciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39, 1177-1182.

Jorge LAC, Silva DJCB (2009) SisCob: **Manual de Utilização. Embrapa Instrumentação Agropecuária**. São Carlos, SP. 18p.

Li Y, Su P, Li Y, Wen K, Bi G, and Cox M (2018). Adsorption-desorption and degradation of insecticides clothianidin and thiamethoxam in agricultural soils. **Chemosphere,** 207:708–714.

Melo AA, Hunsche M, Guedes JVC, Hahn L, Feltrin NM (2019) Study of the effects of adjuvants associated with insecticides on the physicochemical properties of the spray solution and characterization of deposits on wheat and maize leaves under simulated rain. **Engenharia Agrícola** 39:315–322.

Miranda MP (2017) Monitoring methods for Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) on citrus groves with different insecticide application programmes. Fund for Citrus Protection – Fundecitrus. **Journal of Applied Entomology** 142:1–8.

Minguela VJ, Cunha JPAR (2010) **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. 1ª ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 588p.

Monzo C, Qureshi JA, Stansly, PA (2014) Insecticide sprays, natural enemy assemblages and predation on Asian citrus psyllid, Diaphorina citri (Hemiptera: Psyllidae). **Bulletin of Entomological Research**. 104 (5): 576-585.

Nuyttens D, Dekeyser D, Schampheleire M, Baetens K, Sonck D (2007). The effect of air support on droplet characteristics and spray drift. Biosist. Commun **Agric Appl Biol Sci**. 72(2):71-9.

Orduño-Cruz N, Guzmán-Franco AW, Rodríguez-Leyva E, Alatorre-Rosas R, González-Hernández H, Mora-Aguilera G, and Rodríguez-Maciel JC (2015) In vitro selection of a fungal pathogen for use against Diaphorina citri. **Biological Control,** 90:6-15.

Paiva PEB (2009) **Distribuição espacial e temporal, inimigos naturais e tabela de vida ecológica de Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em citros em São Paulo.** Tese (Doutorado em Entomologia) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Parra JRP, Lopes JRS, Torres MLG, Nava DE, Paiva PEB (2010) Bioecologia do vetor Diaphorina citri e transmissão de bactérias associadas ao huanglongbing. **Citrus Research & Technology**, 31:37-51.

Pelegrini G (2021) **Controle de mosca branca na cultura da soja com pulverização assistida de ar e gotas carregadas eletricamente**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP.

Preininger C, Sauer U, Bejarano A, Berninger T (2018) Concepts and applications of foliar spray for microbial inoculants. **Microbiol Biotechnol**. 102, 7265–7282.

Qureshi JA , Kostyk BC, Stansly PA (2014). Supressão inseticida do psilídeo asiático dos citros Diaphorina citri (Hemiptera: Liviidae) vetor de patógenos huanglongbing . **PLoSOne** , 9:112-331.

Qureshi, JA , & Stansly, PA (2010) Pulverizações foliares de inseticidas de amplo espectro no período de dormência: um componente eficaz do manejo integrado de Diaphorina citri (Hemiptera: Psyllidae) em pomares de citros . **Proteção de Cultivos**, 29:860-866

Rehberg AR et al (2020) Quantification of insecticide spatial distribution within individual citrus trees and efficacy through Asian citrus psyllid reductions under different application methods. **Pest Management Science** p.1748 – 1756.

Silva JL (2011) **Avaliação de pulverizador tratorizado em volume ultra baixo (UBV) para controle de insetos de brotações novas, na cultura dos citros.** Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP.

Silva MTB, Moscardi F (2002). Field efficacy of the Nucleopoliedrovirus of pH, volume time of application and type of spray nozzle. **Biological Control, Neotrop. entomol**. 31 (1).

Skelley LH, Hoy MAA (2004). synchronous rearing method for the Asian citrus psyllid and its parasitoid in quarantine. **Biological Control**, 29:14-23.

Thakore Y (2006) The biopesticide market for global agricultural use. **Industrial Biotechnology**., v. 2, n. 3, p. 194-208.

Tiwari S, Mann RS, Rogers ME, Stelinski LL (2011). Insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Florida. **Pest Management Science**, 67: 1258 -1268.

Ullah MI, Arshad M, Abdullah A et al. (2018) Use of the entomopathogenic fungi Beauveria bassiana (Hyphomycetes: Moniliales) and Isaria fumosorosea (Hypocreales: Cordycipitaceae) to control Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) under laboratory and semi-field conditions. **Egypt J Biol Pest Control** 28, 75.

USDA – **United States of Department of Agriculture (2022).** Disponível em: Acesso em 05 de novembro de 2022.

Veiga MM (2007) Agrotóxicos: Eficiência econômica e injustiça socioambiental. Ciência e Saúde coletiva. **Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro, Brasil, 12:145- 152.

Wenninger EJ, Hall DG (2007) Daily timing of mating and age at reproductive maturity in Diaphorina citri (Hemiptera: Psyllidae). **Florida Entomologist,** Florida, 90:715-722.

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos futuros serão necessários para o melhor desempenho no controle do psilídeo, podendo ser estudados outros aditivos nas caldas, porém, que essa atenção não esteja totalmente voltada para uso de adjuvantes, mas em conjunto com outros fatores relacionado a tecnologia de aplicação como: ponta, altura de barra, velocidade e até mesmo direcionamento da barra sobre as plantas, refletindo em volumes menores a serem aplicados.

Determinar uma metodologia próxima ao real nas mudas, em que a aplicação seja feita sobre elas com os insetos já infestado, diferente do que ocorreu nesta pesquisa, na tentativa de avaliar e detectar o que pode ser melhorado para obtenção do controle com inseticidas químico e principalmente o biológico que não apresentou eficiência no controle.